



# **Glukoosipitoisuuden säilyvyys kolmen eri valmistajan näytteenottoputkessa**

Heidi Halonen

Opinnäytetyö  
Lokakuu 2014  
Bioanalytiikan koulutusohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Bioanalytiikan koulutusohjelma, 11BIO

HALONEN, HEIDI:

Glukoosipitoisuuden säilyvyys kolmen eri valmistajan näytteenottoputkessa

Opinnäytetyö 45 sivua, joista liitteitä 6 sivua  
Lokakuu 2014

---

Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia glukoosin säilyvyyttä kolmen eri valmistajan, eri antikoagulantteja sisältävissä näytteenottoputkissa näytteiden seisoessa kokoverenä eri aikoja ennen sentrifugointia. Näytteenottoputkia oli seuraavilta valmistajilta: Terumo VenoSafe, BD Vacutainer ja Vacutest Kima. Sentrifugoinnit suoritettiin heti näytteenoton jälkeen sekä 1, 6 ja 24 tunnin kuluttua näytteenotosta. Lisäksi Vacutest Kima -putkilla myös 48 tunnin kuluttua näytteenotosta. Analysoinnit suoritettiin Cobas 6000 c501 -analysaattorilla.

Opinnäytetyön idea saatiin ISLABin Kuopion aluelaboratorion sairaalakemistiltä Ulla Dunderilta. Työn tavoitteena oli saada tietoa, jota voidaan käyttää hyväksi valittaessa ISLABin käyttöön parhaiten soveltuvaa näytteenottoputkea glukoosin määrittämiseen.

Teoreettisessa viitekehyksessä käsitellään glukoosiaineenvaihduntaa, diabetesta ja näytteenottoa glukoosimäärittämistä varten eri antikoagulantteja sisältäviin putkiin, Cobas 6000 c501 -analysaattorin glukoosimäärittämiseen käytettyä heksokinaasimenetelmää sekä aikaisempia tutkimuksia glukoosin säilyvyydestä ja tutkimusmenetelmää. Tutkimusmenetelmä oli luonteeltaan kvantitatiivinen, kokeellinen ja vertaileva tutkimus.

Glukoosinäytteitä tutkimusta varten otettiin Mikkelin keskussairaalan tiloissa toimivan ISLABin Mikkelin aluelaboratorion henkilökunnasta 16 näytesarjaa. Saatuja tuloksia analysoitiin niitä kuvailevien graafisten kuvaajien sekä muutosprosenttien avulla.

Tässä tutkimuksessa glukoosipitoisuuden muutos lähtöarvoon nähden oli kaikkien kolmen valmistajan näyteputkessa suhteellisen vähäistä. Terumo Venosafe -näytteenottoputkessa glukoosipitoisuus säilyi 24 tunnin ajan parhaiten. Toiseksi parhaiten toimi BD Vacutainer- ja kolmanneksi Vacutest Kima -putki. Jatkotutkimusehdotuksena esitän, että tutkimus suoritettaisiin isommalla otoskoolla, pidemmällä tutkimusajalla sekä sisällyttämällä tutkimukseen enemmän patologisen matalia ja korkeita tuloksia.

---

Asiasanat: glukoosi, säilyvyys, glykolyysi, antikoagulantti

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Biomedical Laboratory Sciences

HALONEN, HEIDI:

The Preservation of Glucose in Blood Specimen Collection Tubes of Three Different Manufacturers

Bachelor's thesis 45 pages, appendices 6 pages  
October 2014

---

The purpose of this study is to examine the preservation of glucose in blood taken into blood collection tubes with different anticoagulants. Blood collection tubes are from three different specimen collection tube manufacturer: Terumo VenoSafe, BD Vacutainer and Vacutest Kima. The glucose concentrations are measured at different times after the venipuncture with Cobas 6000 c501. The glucosetubes are centrifuged immediately after venipuncture and after 1, 6 and 24 hours. In addition Vacutest Kima tubes were centrifuged 48 hours after venipuncture. The samples were collected from personnel of Mikkeli areal laboratory of ISLAB. The material of the study consisted 16 series of blood samples.

The aim of this study was to obtain information that could be used when choosing the blood collection tube that best meets ISLAB's needs.

As a result of this study it can be said that changes on glucose concentrations are comparatively slight, but Terumo VenoSafe's glucosetube preserves the glucose concentration best. BD Vacutainer and Vacutest Kima tubes does not preserve glucose concentration as well as Terumo VenoSafe.

For achieving greater reliability the study should be carried out with a bigger sample size and over a longer study period, and it should include more pathologically high and low study results.

---

Key words: glucose, preservation, glycolysis, anticoagulant

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	GLUKOOSIAINEENVAIHDUNTA.....	7
2.1	Glukoosi elimistössä.....	7
2.2	Veren glukoosipitoisuuden hormonaalinen säätely .....	8
2.2.1	Insuliini .....	8
2.2.2	Insuliinin vastavaikuttajahormonit.....	9
2.3	Glykolyysi elimistössä.....	9
2.4	Diabetes .....	10
2.4.1	Diabeteksen luokittelu ja oireet.....	11
2.4.2	Diabeteksen hoito.....	12
3	NÄYTTEENOTTO GLUKOOSIMÄÄRITYSTÄ VARTEN .....	13
3.1	Veren glukoosinäytteenotossa huomioitavaa.....	13
3.2	Glykolyysi näytteenottoputkessa .....	14
3.3	Tutkimuksen näytteenottoputkien lisäaineet .....	15
3.3.1	Fluoridi.....	15
3.3.2	EDTA .....	15
3.3.3	Sitraatti .....	16
3.4	Cobas 6000 c501 -analysaattorin heksokinaasimenetelmä.....	16
3.5	Aikaisemmat tutkimukset glukoosin säilyvyydestä.....	17
4	TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TARKOITUS.....	19
5	TUTKIMUSMENETELMÄ .....	20
6	TUTKIMUKSEN SUORITUS.....	21
6.1	Tutkimuksen valmistelu.....	22
6.2	Tutkimusaineiston keruu.....	23
6.3	Cobas 6000 c501 -analysaattorin kontrollointi .....	25
7	TULOKSET .....	28
8	TULKINTA.....	30
9	POHDINTA.....	31
	LIITTEET .....	39
	Liite 1. Tulokset sarjoittain taulukoituina .....	39
	Liite 2. Pitoisuuden muutokset ajan funktiona/putkivalmistaja .....	41
	Liite 3. Muutosprosentit: Terumo VenoSafe.....	42
	Liite 4. Muutosprosentit: BD Vacutainer .....	43
	Liite 5. Muutosprosentit: Vacutest Kima .....	44
	Liite 6. Ylimääräisten testien tulokset taulukoituina.....	45

## 1 JOHDANTO

Diabetes on joukko erilaisia sairauksia, joille on yhteistä liian koholla oleva veren glukoosipitoisuus eli hyperglykemia (Ilanne-Parikka, Rönnemaa, Saha & Sane 2011, 8). Glukoosiaineenvaihdunnan huonontumiseen voivat johtaa häiriöt haiman insuliinin erityksessä ja insuliinin vaikutuksessa kohdekudoksissa (insuliiniresistenssi). Suomessa diabetes on todettu noin 280 000 ihmisellä. Heistä valtaosa sairastaa tyypin 2 diabetesta. Diagnosoimattomia tyypin 2 diabeetikkoja on vuonna 2006 julkaistun väestötutkimuksen mukaan arviolta noin 200 000. Suomessa on siis arvioiden mukaan noin 500 000 diabeetikkoa. (Vauhkonen & Holmström 2012, 325, 329.)

Diabeteksen diagnosointi ja hoito edellyttävät laadukkaita glukoosimittauksia. Viime aikoina markkinoille on tullut eri putkivalmistajilta uusia näyteputkia, joissa niiden spesifikaatioiden mukaan glukoosin pitäisi säilyä 24 (BD Vacutainer) tai 48 tuntia (Vacutest Kima). Eri putkivalmistajien näytteenottoputkissa on käytetty eri säilöntäaineita, joiden toimivuutta glykolyysin inhibitiolla tulen tässä opinnäytetyössä arvioimaan. Tämän tutkimuksen glukoosinäytteitä seisoletaan ennen analysointia kunkin valmistajan putkessa kokoverenä 0, 1, 6 ja 24 tuntia, sekä Vacutest Kima -putkessa myös 48 tuntia. Tutkimuksessa käytettävät putket ovat kolmelta eri valmistajalta: Terumo VenoSafe, BD Vacutainer sekä Vacutest Kima. Työssä käytettävät Terumo VenoSafe -putket (noin 60 kpl) ovat ISLABin kustantamat. Vertailtavat putket (BD Vacutainer ja Vacutest Kima) sain ilmaisina näytteinä putkivalmistajilta.

Opinnäytetyö tehdään ISLABissa (Itä-Suomen Laboratoriokeskuksen Liikelaitoskuntayhtymä). Hallinnollisesti ISLAB on jaettu neljään aluelaboratorioon, joiden keskuspaikkakuntina ovat Kuopio, Mikkeli, Savonlinna ja Joensuu. Tämä opinnäytetyö tehdään Mikkelin keskussairaalan tiloissa sijaitsevassa ISLABin Mikkelin aluelaboratoriossa, jossa on käytössä Terumo VenoSafe -näytteenottoputki glukoosimäärityksiä varten. ISLABin Mikkelin aluelaboratorioon tulee glukoosinäytteitä analysoitaviksi esimerkiksi sairaalan osastoilta, näytteenottopoliklinikalta, kotisairaanhoidosta ja lähilaboratorioista. Näytteet seisolet eri aikoja kokoverenä ennen sentrifugointia ja analysointia. Tässä opinnäytetyössä pyritään selvittämään näytteenottoputkien toimivuutta, kun näytteitä ei välittömästi sentrifugoida.

Idean opinnäytetyöhän sain ISLABin Mikkelin aluelaboratorion sairaalakemistiltä Ulla Suistomaalta. Hänelle tämän aiheen tutkimustarpeesta oli kertonut ISLABin Kuopion aluelaboratorion sairaalakemisti Ulla Dunder. Aikaisempiakin tutkimuksia eri antikoagulanttien vaikutuksista glukoosipitoisuuksiin on tehty, mutta kaikkia tässä tutkimuksessa vertailtuja antikoagulantteja ei tietääkseni ole yhdessä vertailtu. Tästä tutkimuksesta saatuja tuloksia voidaan käyttää hyväksi valittaessa glukoosimääritykseen tarkoitettua näytteenottoputkea eri säilytysaikojen sanelempiin tarpeisiin nähden. Tutkimuksesta saatuja tuloksia käsitellään niitä kuvailevien graafisten kuvaajien sekä muutosprosenttien avulla.

Teoreettisessa viitekehyksessä käsitellään glukoosiaineenvaihduntaa, diabetesta ja glukoosinäytteenottoa sekä Cobas 6000 c501 -analysaattorin glukoosimäärityksen heksokinaasimenetelmää. Lisäksi käsitellään tutkimusmenetelmää ja aikaisempia tutkimuksia glukoosipitoisuuden säilyvyydestä.

## 2 GLUKOOSIAINEENVAIHDUNTA

Kuusi hiiliatomia sisältävä glukoosi on solujen tärkeä ravintoaine. Vihreät kasvit yhdistävät auringonvalosta saadun energian avulla hiilidioksidin ja veden glukoosiksi. Kun glukoosi pilkkoutuu soluissa, vapautuu kemiallista energiaa. Glukoosi on myös tärkeä lähtöaine monien erilaisten orgaanisten molekyylien synteesille soluissa. (Sand, Sjaastad, Haug & Bjålie 2013, 32.)

### 2.1 Glukoosi elimistössä

Elimistön tärkein energianlähde rasvahappojen ohella on veressä kiertävä glukoosi. Ravinnon hiilihydraateista elimistöön tullut glukoosi imeytyy verenkiertoon, josta siitä muodostuu glykogeneeniä (glykogeneesi), joka varastoidaan myöhempää käyttöä varten pääasiassa maksaan ja lihaskudokseen. (Vauhkonen & Holmström 2012, 325; Leppäluoto ym. 2013, 338.) Muun muassa fyysinen rasitus ja paasto kasvattavat glukoosin tarvetta, jolloin taas glykogeenistä muodostuu glukoosia (glykogenolyysi) (Leppäluoto ym. 2013, 338). Maksan vereen vapauttamasta glukoosista menee paastotessa valtaosa aivojen ja hermokudoksen käyttöön (Vauhkonen & Holmström 2012, 327). Paaston aikana, kun plasman glukoosipitoisuus hieman laskee, alkavat maksasolut valmistaa uutta glukoosia muista aineista, kuten esim. aminohapoista ja glyserolista (glukoneogeneesi) (Sand ym. 2013, 430). Hermokudoksen (aivot mukaan lukien) normaalin toiminnan kannalta on välttämätöntä, ettei veren glukoosipitoisuus pääse laskemaan liikaa (Vauhkonen & Holmström 2012, 325).

Elimistön proteiineihin kuuluvat sidekudos- ja entsyymiproteiinit. Sidekudosproteiinit ylläpitävät elimistön rakenteita, kuten esimerkiksi luustoa ja ihoa. Lihaksien osana niiden tehtävänä on ylläpitää liikkumista, hengitystä (hengityslihakset) sekä verenkiertoa (sydän). Entsyymiproteiinit puolestaan osallistuvat aineenvaihdunnan säätelyyn. Glukoosi yhdistyy kemiallisesti elimistön proteiineihin muuttaen niiden rakennetta, jolloin toiminta vaurioituu. Mitä enemmän veressä ja muissa kudoksenteissa on glukoosia, sitä runsaampaa on tämä proteiinien sokeroituminen. (Ilanne-Parikka ym. 2011, 9.)

## **2.2 Veren glukoosipitoisuuden hormonaalinen säätely**

Elimistön hormonitoiminta ja hormonien vaihtelu säätelevät veren glukoosipitoisuutta. Insuliini on ainoa glukoosipitoisuutta pienentävä hormoni, kun taas pitoisuutta suurentavia hormoneja on useita: glukagoni, noradrenaliini, adrenaliini, kasvuhormoni ja kortisoli. (Ilanne-Parikka ym. 2011, 280; Vauhkonen & Holmström 2012, 325.) Ateriarytmin ollessa normaali, ovat insuliini ja glukagoni tärkeimpiä aineenvaihdunnan säätelyyn osallistuvia hormoneja (Sand ym. 2013, 432). Koska insuliini ja glukagoni ovat toistensa vastavaikuttajia, lisääntyy niiden erityös myös vastakkaisissa tilanteissa (Leppäluoto ym. 2013, 341).

### **2.2.1 Insuliini**

Glukoosin pääsy verestä elimistön soluihin vaatii insuliinia, jota haiman Langerhansin saarekkeiden beetasolut erittävät (Suomen Diabetesliitto ry 2009a, 13; Leppäluoto ym. 2013, 339). Ravinnosta saadut hiilihydraatit imeytyvät suolesta ruoansulatuksen seurauksena monosakkarideina vereen, jolloin veren glukoosipitoisuus nousee (Ilanne-Parikka ym. 2011, 14; Sand ym. 2013, 425). Suurentunut glukoosipitoisuus lisää insuliinin eritystä (Leppäluoto ym. 2013, 340).

Terve haima osaa erittää insuliinia veren glukoositason edellyttämän määrän (Ilanne-Parikka ym. 2011, 253). Insuliini auttaa lihaksia ottamaan energiantarpeeseensa glukoosia sekä auttaa ylimääräisen energian varastoinnissa rasvakudokseen. Insuliinia tarvitaan myös elimistön valkuaisten muodostumiseen. (Suomen Diabetesliitto ry 2009a, 13.) Insuliini säätelee elimistön glukoosin tuotannosta vastaavan maksan varastoglukoosin muodostumista ja vapautumista (Suomen Diabetesliitto ry 2009a, 13; Ilanne-Parikka 2011, 16).



### 2.2.2 Insuliinin vastavaikuttajahormonit

Kun maksan tulee nopeasti lisätä glukoosin tuotantoaan, loppuu haiman insuliinituotanto lähes kokonaan. Haima alkaa tällöin tuottaa glukagonia, joka saa maksan glykogeenin hajoamaan glukoosiksi. (Ilanne-Parikka ym. 2011, 16; Leppäluoto ym. 2013, 341.) Muodostunut glukoosi vapautuu verenkiertoon, jolloin veren glukoosipitoisuus nousee nopeasti (Vauhkonen & Holmström 2012, 326). Myös lisämunuaisen ytimen tuottamat katekoliamiinit, etenkin adrenaliini, lisää glukoosin erittymistä maksasta lyhytaikaisesti. Veren glukoosipitoisuus suurenee myös, kun aivolisäkkeen tuottama kasvuhormoni estää solujen glukoosin ottoa ja glukoosin varastoitumista maksaan. Myös kortisoli on tärkeä veren glukoosipitoisuutta suurentava hormoni. Se estää solujen glukoosinottoa ja kiihdyttää glykogeenin hajoamista sekä glukoosin uudismuodostumista aminohapoista. Lisäksi lihaskudoksen glukoosinkäyttö huononee, jolloin veressä olevan glukoosin soluun otto huononee. (Vauhkonen & Holmström 2012, 326; Leppäluoto ym. 2013, 342.) Insuliini hillitsee näiden vastavaikuttajahormonien vaikutusta, jotta paastotilanteessa veren glukoosipitoisuus pysyisi normaalina (Vauhkonen & Holmström 2012, 327).

### 2.3 Glykolyysi elimistössä

Glykolyysi tarkoittaa glukoosin hajoamista. Aerobinen glykolyysi päättyy pyruvaattimuotoon ja anaerobinen laktaatti-muotoon. Solulimassa tapahtuvassa glykolyysissä kustakin glukoosimolekyylistä pilkkoutuu kemiallisten reaktioiden avulla kaksi pyruvaattimolekyyliä. Ensimmäiset reaktiot käyttävät ATP:ta, kun taas myöhemmissä muodostuu sitä. Kutakin pilkkoutuvaa glukoosimolekyyliä kohti muodostuu kaksi ATP-molekyyliä ja kaksi pelkistynyttä koentsyymiä (NADH). Tämä vastaa kuitenkin vain pientä osaa glukoosimolekyyliin varastoituneesta energiasta, sillä suurin osa energiasta on glykolyysin jälkeen pyruvaattimolekyyliin varastoituneena. Aerobisissa olosuhteissa tämä jäännösenergia vapautuu mitokondrioissa tapahtuvissa reaktioissa. Anaerobisissa olosuhteissa pelkistyneet koentsyymit hapettuvat ja pystyvät siten osallistumaan glykolyysiin, jolloin reaktio pysyy käynnissä ja pyruvaattimolekyylit muuttuvat maitohapoksi eli laktaatiksi. Lihassolut siis pystyvät ilman happeakin jatkamaan lyhyitä aikoja ATP:n muodostusta. Energiavarastojen hyödyntämisaste jää kuitenkin glykolyysin

yhteydessä hyvin pieneksi joten pitkäaikaisessa työssä lihakset ovat riippuvaisia hapen saannista. (Sand ym. 2013, 40–41; Leppäluoto ym. 2013, 50.)

## 2.4 Diabetes

Diabetes johtuu joko insuliinihormonin puutteesta tai sen heikentyneestä toiminnasta tai molemmista. Se on energiaa tuottavan aineenvaihdunnan häiriö, joka ilmenee kohonneena veren glukoosipitoisuutena. Kun insuliinin vaikutuksessa kohdekudoksiin on häiriö, maksa pyrkii vapauttamaan verenkiertoon normaalia enemmän glukoosia. Lihaskudoksessa taas vastaavasti glukoosin siirtyminen verestä lihassolun sisään heikentyy (liittyy tyypillisesti metaboliseen oireyhtymään ja tyypin 2 diabetekseen). Häiriön aste riippuu kuitenkin pitkälti haiman beetasolujen kyvystä kompensoida tilannetta lisäämällä insuliinin eritystä. (Ilanne-Parikka ym. 2011, 9; Vauhkonen & Holmström 2012, 329.) Diabetekseen liittyy usein myös rasva- ja valkuaisaineiden aineenvaihdunnan häiriintyminen. Rasva-aineenvaihdunnan häiriöiden vuoksi valtimot ahtautuvat tavallista herkemmin. Myös valkuaisaineiden rakenne ja toiminnot häiriintyvät liiallisen glukoosimäärän vuoksi. (Ilanne-Parikka ym. 2011, 9.)

Maailman terveysjärjestö WHO:n asiantuntijaryhmän laatimat glukoosipitoisuudet määrittelevät diabeteksen diagnostiset kriteerit (Vauhkonen & Holmström 2012, 330). Diabeteksen toteamiseen on sovittu kansainväliset raja-arvot, koska sekä tyypin 1- että etenkin tyypin 2 diabeteksessa glukoosiaineenvaihdunnan häiriintyminen kehittyy asteittaisesti ja vähitellen täysin poikkeavaksi. Raja-arvot vaihtelevat riippuen siitä, että tutkitaanko plasman glukoosipitoisuus kapillaari- vai laskimonäytteestä sekä siitä, missä kehitysvaiheessa glukoosiaineenvaihduntahäiriö tutkittaessa on. (Ilanne-Parikka ym. 2011, 26.)

Paastoplasman glukoosimääritys on useimmiten perustana diabeteksen diagnostiikalle (Vauhkonen & Holmström 2012, 330). Plasman glukoosipitoisuus on terveellä henkilöllä 6 mmol/l tai alhaisempi. Aterioiden jälkeenkään terveen henkilön verensokeri ei nouse yli arvon 9,0 mmol/l. Arvo palautuu perustasolle (4–6 mmol/l) kahdessa tunnissa. (Ilanne-Parikka ym. 2011, 18, 26.)

### 2.4.1 Diabeteksen luokittelu ja oireet

Diabetes jaetaan kahteen eri päämuotoon, tyypin 1 diabetekseen ja tyypin 2 diabetekseen. Tyypin 1 diabeteksessa haiman insuliinia tuottavat solut tuhoutuvat, jonka vuoksi syntyy insuliinin puutos. Tyypin 2 diabeteksessa insuliinin vaikutus heikentyy (insuliiniresistenssi) ja samanaikaisesti insuliinin erityös on häiriintynyt ja tarpeeseen nähden riittämätöntä. (Ilanne-Parikka ym. 2011, 9.) Molempien tapauksien seurauksena solujen glukoosinotto heikentyy ja veren glukoosipitoisuus nousee (Sand ym. 2013, 211).

Vaikka diabetes voidaan jakaa alamuotoihin, on kaikille muodoille yhteistä suurentunut plasman glukoosipitoisuus. Tyypin 1 ja tyypin 2 diabetes ovat päämuotoja ja kaikki muut alamuodot ovat harvinaisia. Sairastumisikä, syy, taudin kulku ja hoitotapa ovat perusteina luokittelulle. (Ilanne-Parikka ym. 2011, 26.) Tyypin 1 diabetekseen sairastutaan yleensä alle 40-vuotiaana, mutta tauti voi puhjeta vanhuusiässäkin. Tyypin 2 diabetekseen sairastuvat ovat useimmiten yli 40-vuotiaita. (Suomen Diabetesliitto ry 2009a, 12.)

Tyypin 1 diabeteksen oireet ovat selkeitä ja alkavat äkillisesti. Oireita ovat lisääntynyt virtsaneritys, jano, laihtuminen ja väsymys. (Suomen Diabetesliitto ry 2009a, 12.) Tyypin 2 diabetes taas kehittyy hitaasti ja tauti voi olla pitkään oireeton tai vähäoireinen. Tyypin 2 diabetes todetaan usein muita sairauksia tutkittaessa tai normaalissa terveystarkastuksessa. (Suomen Diabetesliitto ry 2009b, 10.)

Veren glukoosipitoisuudet kertovat paljon diabetestyyppistä oireiden ohella. Tyypin 1 diabeteksen sijaan on kyseessä todennäköisemmin tyypin 2 diabetes, kun oireettomalla potilaalla ovat veren glukoosipitoisuudet noin 10 mmol/l. (Vauhkonen & Holmström 2012, 343.) Ihmisellä jolla ei ole selviä oireita, mutta plasman glukoosipitoisuus on toistuvasti kohonnut aamulla kahdeksan tunnin paaston jälkeen, on kyse diabeteksestä. Glukoosipitoisuus, joka vaaditaan tällöin diabeteksen toteamiseen, on vähintään 7 mmol/l. (Ilanne-Parikka ym. 2011, 26.) Diabetes voidaan todeta joko paastosokeri-, sokerirasitus- tai HbA<sub>1c</sub>-kokeella (taulukko 1). Suurentunut paastoarvo ja heikentynyt glukoosinsieto ovat diabeteksen esiasteita. (Tarnanen ym. 2013.)

TAULUKKO 1. Veren glukoosipitoisuudet (Tarnanen ym. 2013)

	Normaali arvo	Suurentunut paastoarvo	Heikentynyt glukoosinsieto	Diabetes
Paastoarvo (mmol/l)	$\leq 6,0$	6,1–6,9		$\geq 7,0$
Rasituskokeen kahden tun- nin arvo (mmol/l)	$< 7,8$		7,8–11,0	$> 11,0$
Satunnainen arvo oireisella henkilöllä (mmol/l)				$> 11,0$
HbA1c (mmol/l)				$\geq 6,5$

### 2.4.2 Diabeteksen hoito

Elinikäinen insuliinikorvaushoito on keskeisin tyypin 1 diabeteksen hoito, kun taas tyypin 2 diabeteksessa potilaat eivät yleensä ole riippuvaisia insuliinihoidosta ainakaan taudin alkuvaiheessa. Elämäntapahoito ja lähes poikkeuksetta metformiini ovat tyypin 2 diabeteksen hoidot taudin toteamisvaiheessa. (Vauhkonen & Holmström 2012, 357, 371.)

Hyvän hoidon avulla on mahdollista välttää haittavaikutukset (Ilanne-Parikka ym. 2011, 10). Diabeteksen hoidolla pyritään parantamaan diabeetikon elämänlaatua hoitamalla ja ehkäisemällä tautiin liittyviä akuutteja ja kroonisia komplikaatioita. Akuutteihin komplikaatioihin kuuluu muun muassa insuliinin puutteeseen liittyvä happomyrkytys, ketoasidoosi, josta puhutaan silloin, kun diabeteksen yhteydessä elimistöön kertyy runsaasti ketoaineita ja näistä aiheutuu veren ja kudosten happamuus. Akuutteja komplikaatioita ovat myös oireinen veren suurentunut glukoosipitoisuus eli hyperglykemia sekä hyperglykemian hoitoon käytettävien lääkkeiden aiheuttama veren matala glukoosipitoisuus eli hypoglykemia. Kroonisia komplikaatioita ovat diabeteksen aiheuttamat kudonsvauriot kokonaisuudessaan. (Vauhkonen & Holmström 2012, 346; Tarnanen ym. 2013.) Komplikaatioita ovat ensisijaisesti hiusverisuonivauriot, joita esiintyy silmänpohjissa, hermoissa ja munuaisissa. Hoitamaton diabetes lisää myös sydän- ja verisuonitautien sekä valtimotautien riskiä. (Ilanne-Parikka ym. 2011, 29.)

### 3 NÄYTTEENOTTO GLUKOOSIMÄÄRITYSTÄ VARTEN

Veren glukoosipitoisuus voidaan mitata joko plasmasta tai kokoverestä, joka sisältää solut ja verinesteen eli plasman. Elimistön toiminnan kannalta plasman glukoosipitoisuus on tärkeämpi, joten nykyisin kaikki laboratoriot Suomessa ilmoittavat veren glukoosiarvot plasman glukoosina. (Ilanne-Parikka ym. 2011, 61.) Glukoosipitoisuus plasmassa on hieman suurempi (noin 1,13-kertainen) kuin kokoveressä (Diabetes: Käypä hoito -suositus 2013).

Glukoosin määrittystä varten otetaan yleensä verinäyte laskimosta, koska sormenpäästä otettu kapillaariverinäyte ei ole yhtä luotettava (Diabetes: Käypä hoito -suositus 2013). Verinäytteenotto laskimosta on helpommin vakioitavissa, ja viitearvot on laadittu laskimonäytteille. Potilaasta on tavoitteena saada mahdollisimman edustava ja korkealaatuinen näyte tutkimuksen näytteenotto-ohjeita noudattaen. (Nikiforow 2012, 1.)

#### 3.1 Veren glukoosinäytteenotossa huomioitavaa

Ruokailu, kahvi, alkoholi, tupakka ja ruumiillinen rasitus vaikuttavat laboratoriotutkimusten tuloksiin. Näiden tekijöiden vaikutus voi olla tulosta suurentava, pienentävä tai mittausta estävä. (Laboratoriokokeisiin valmistautuminen 2014.) Ravinnon imeytymisen myötä muuttuu muun muassa veren glukoosin pitoisuus, joten glukoosikoetta varten potilaan on oltava syömättä 10–12 tuntia ennen näytteenottoa. Fyysistä rasitusta tulisi välttää ennen näytteenottoa, sillä rasitus muuttaa plasmatilavuutta, aineenvaihduntaa ja solujen läpäisevyyttä, jolloin mm. glukoosin pitoisuus muuttuu. (Männistö, Melasniemi & Huotari 2012, 2.)

Jos tutkimus edellyttää plasma- tai kokoverinäytettä, otetaan verinäyte antikoagulanttia sisältävään putkeen. Näyte on sekoitettava heti näytteenoton jälkeen huolellisesti antikoagulanttiin. (Ruutu, Rajamäki, Lassila & Porkka 2007, 86.) Glukoosin määrittelyyn tarkoitettut putket otetaan aina näytteenottojärjestyksen viimeisenä (Matikainen, Miettinen & Wasström 2010, 76). Esimerkiksi fluoridiputki otetaan aina viimeisenä, koska

fluoridi on entsyymimyrkky ja aiheuttaa näytteen solujen hajoamista (Männistö ym. 2012, 5).

Vakuuminäytteenotossa putki otetaan pois vasta, kun verentulo putkeen on loppunut. Vakuumiputkessa on vakioalipaine, joka imee putkeen tarkasti määrämittan verta. Näyteputket on suositeltavaa täyttää tähän määrämittaan saakka. Vajaastakin putkesta voidaan tehdä määrittys, jos poikkeava antikoagulantti/näytesuhde ei vaikuta tulokseen. (Männistö ym. 2012, 5.)

Putkia sekoitetaan putkivalmistajan ohjeiden mukaan. Antikoagulanttia sisältäviä putkia käännettäessä heti näytteenoton jälkeen rauhallisesti ylösalaisin useita kertoja. Putkiseinämiin kiinnitetyn antikoagulantin sekoittuminen näytteeseen varmistetaan käsin sekoituksella. Muun muassa sitraattifluoridi on huonosti liukeneva antikoagulantti, joten sitä sisältävien putkien sekoittamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Mikrohyytymien muodostuminen estetään antikoagulantin sekoittumisella. (Männistö ym. 2012, 6.)

### **3.2 Glykolyysi näytteenottoputkessa**

Verinäytteen glukoosipitoisuuden alenemisen tiedetään alkavan heti näytteen ottamisen jälkeen, sillä veren solut sisältävät glykolyysin vaatimia entsyymejä (Tähtelä 2008, 111). Tehokkain tapa minimoida glykolyysi on jäähdyttää näytteet heti näytteenoton jälkeen ja erottaa välittömästi verensolut plasmasta sentrifugoimalla sekä erottamalla plasma punasolujen päältä 30 minuutin kuluessa (Bruns & Knowler 2009, 850; Jackson Behan, Dumas & Johnston 2013, 158). Koska tämä on usein epäkäytännöllistä, suositellaan käytettävän näytteenottoputkea, joka sisältää nopeasti tehoavaa glykolyysin inhibiittoria (Sacks ym. 2011, e65). Kliinisissä laboratorioissa käytetyt antikoagulantit joko saostavat tai sitovat kalsiumin (Pendergraph & Pendergraph Barfield 1998, 109).

### 3.3 Tutkimuksen näytteenottoputkien lisäaineet

Tutkimuksen näytteenottoputkista Terumo VenoSafe -putkessa on säilöntäaineena natriumfluoridia, sitraatti-puskuria ja  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ :ta jauheena, BD Vacutainer -putkessa natriumfluoridia ja  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ :ta jauheena sekä Vacutest Kima -putkessa kaliumfluoridia ja  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ :ta suihkutettuna putken seinämille.

#### 3.3.1 Fluoridi

Fluoridi estää hyytymisen heikosti. Glukoosinäyteputkissa sitä käytetään glykolyysin estäjänä. (Matikainen ym. 2010, 76.) Fluoridi estää glykolyysiä inhiboimalla enolaasia. Näytteenotosta ensimmäisten kolmen tunnin aikana fluoridi ei pysty estämään glukoosipitoisuuden laskua, mutta tämän alun laskun jälkeen se säilyttää glukoosipitoisuuden ainakin kolmen vuorokauden ajan. Alun glukoosipitoisuuden laskun vuoksi, fluoridin kanssa on hyvä käyttää toista lisäainetta, joka estäisi pitoisuuden laskua heti inhiboimalla glykolyysin heksokinaasi-entsyymiä. Verinäytteissä, joissa on korkea leukosyytti-, punasolu- tai verihiutalemäärä, on glukoosin kulutus nopeampaa verrattuna aikaan, jossa fluoridi alkaa toimia tehokkaasti. (Guder, Narayanan, Wisser & Zawta 2003, 35.)

#### 3.3.2 EDTA

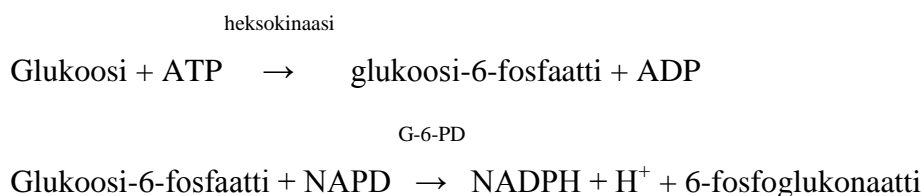
EDTA toimii antikoagulanttina sitomalla verestä kalsiumin (Matikainen 2010, 76). EDTA:ta on saatavilla monessa muodossa: suihkekuivattu  $\text{K}_2\text{-EDTA}$ , kylmäkuivattu jauhe  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$  tai nestemäinen  $\text{K}_3\text{-EDTA}$  (McCall & Tankersley 2003, 227). Tavallisimpia käytettyjä EDTA:ita ovat  $\text{K}_2\text{-}$  ja  $\text{K}_3\text{-EDTA}$ , joista  $\text{K}_2$  on suositeltavampi (Ruutu ym. 2007, 86). EDTA:n aiheuttamassa reaktiossa kalsium sitoutuu molekyyliin, jolla on kaksi tai useampi polaarinen ryhmä. Tämä tapahtuma poistaa kalsiumin käytön mahdollisuuden hyytymisprosessissa. (Pendergraph & Pendergraph Barfield 1998, 109.)

### 3.3.3 Sitraatti

Sitraatti-puskuri on nopeasti tehoava glykolyysin inhibiittori (Sacks ym. 2011, e65). Veren hyytyminen estyy, kun natriumsitraatti sitoutuu veren kalsiumiin (Matikainen 2010, 76). Sitraatin alentaessa näytteen pH:n, glykolyysiketjun alkupään entsyymien aktiivisuudet estyvät (Tähtelä 2008, 11). Heksokinaasi, joka muuntaa glykolyysissä glukoosin glukoosi-6-fosfaatiksi, on tehoton pH:n ollessa alle 5.9. Tämä pH saavutetaan lisäämällä sitraattipuskuria fluoridia sisältävään näyteputkeen. (Peake, Bruns, Sacks & Horvath 2013, e2.)

### 3.4 Cobas 6000 c501 -analysaattorin heksokinaasimenetelmä

Heksokinaasimääritysmenetelmä on yleisesti hyväksytty referenssimenetelmä glukoosin mittaukseen (McPherson & Pincus 2007, 188). Heksokinaasimenetelmää käytetään usein automaattisilla kemian analysaattoreilla. Menetelmä on vähemmän altis häiriöille kuin glukoosi oksidaasi-peroksidaasimenetelmät. (Turgeon 2007, 205.)



KUVIO 1. Heksokinaasimenetelmän kaava (Bishop, Fody & Schoeff 2005, 276)

Kuviossa 1 esitetyssä reaktiossa glukoosi aktivoituu glukoosi-6-fosfaatiksi ja adenosiinitrifosfaatti (ATP) muuntuu adenosiinidifosfaatiksi (ADP). Muodostunut glukoosi-6-fosfaatti toimii substraattina seuraavalle entsyymireaktiolle, jossa koentsyymi nikotiiniamidiadeniininukleotidifosfaatti (NAPD) pelkistyy NADPH:ksi, jolloin muodostuu myös 6-fosfoglukonaattia. NADPH:n muodostusta voidaan seurata absorbanssilla 340 nm, joka on suoraan verrannollinen näytteen glukoosipitoisuuteen. Jos plasma tutkitaan tällä menetelmällä, ovat fluoridi, hepariini, oksalaatti ja EDTA sallittuja antikoagulantteja. (Turgeon 2007, 205.)



### 3.5 Aikaisemmat tutkimukset glukoosin säilyvyydestä

Glukoosin säilyvyydestä näytteenottoputkissa on aikaisemmin tehty tutkimus Kuopion yliopistollisen sairaalan kliinisen kemian osaston toimesta. Tämä tutkimus tehtiin sillä kyseinen laboratorio siirtyi käyttämään glukoosin määrittämisessä näytemuotona plasmaa kokoveren sijaan. (Väisänen, Eskelinen & Halonen 2002, 48.) Tutkimuksessa määritettiin glukoosin säilyvyyttä neljän eri valmistajan putkessa: Vacuette® FE Glucose tube, jossa lisäaineena natriumfluoridia ja EDTA 3:a, Vacuette® MJA Glucose tube, jossa lisäaineena litiumhepariinia ja monojodoasetaattia, Vacuette® FX Glucose tube, jossa lisäaineena natriumfluoridia ja kaliumoksalaattia sekä Venoject® FC-mixture, jossa lisäaineena fluoridi-sitraattia. Verinäytteet tutkimusta varten otettiin viideltä henkilöltä. Näytteitä säilytettiin huoneenlämmössä ja analysoitiin heti näytteenoton jälkeen sekä 0,5, 1, 2, 6 ja 24 tunnin kuluttua näytteenotosta. Väisänen, ym. (2002) tutkimuksessa näytteen säilyvyyttä testattiin sekä kokoverenä (näyte sentrifugoitu juuri ennen analyysia) että plasmana (sentrifugoitu näyte säilytettynä alkuperäisessä näytteenottoputkessa). Kokoverenä säilytetyissä näytteissä havaittiin selvä ero FC-mixture putken ja muiden näytteenottoputkien välillä. FC-mixture putkessa glukoosipitoisuus säilyi muuttumattomana vuorokauden, kun taas muissa putkissa pitoisuus laski jo 30 minuutin kuluttua noin 5 % ja lasku oli 2 tunnin kohdalla noin 9 %. Sentrifugoiduissa näytteissä ei ollut eroja näytteenottoputkien välillä. Glykolyysi estyi siis nopeimmin FC-mixture putkessa ja glukoosi säilyi siinä hyvin sekä plasmana että kokoverenä. (Väisänen, ym. 2002, 48.)

Gambinon ym. (2009) tutkimusartikkelissa viitataan japanilaisten tutkijoiden Uchidan, Okudan ja Tanakan Terumo Corporationille tekemään tutkimukseen, jossa osoitettiin, että glukoosinäytteen pH:n laskeminen sitraattipuskurilla välille 5.3–5.9 inhiboi glykolyysin nopeasti. Inhiboiva vaikutus säilyy noin 10 tuntia 25 °C:ssa. Uchidan ym. tutkimustuloksena kehittyi inhibiittorireagenssi, joka sisälsi sitruunahappoa, Na<sub>3</sub>-sitraattia, Na<sub>2</sub>-EDTA:ta ja natriumfluoridia. Gambinon, ym. tekemässä tutkimuksessakin osoitettiin, että veren pH:n laskeminen sitraatti-puskurilla inhiboi in-vitro glykolyysin paljon tehokkaammin kuin fluoridi. Glukoosipitoisuus näytteissä, jotka otettiin sitraattipuskurista, natriumfluoridia ja EDTA:ta sisältäviin näytteenottoputkiin, laski ainoastaan 0,3 % 2 tunnin sisällä ja 1,2 % 24 tunnin sisällä. Näytteitä säilytettiin +37 °C:ssa. (Gambino ym. 2009, 1019–20.)

Mehiläinen Oy:n sairaalakemisti Riitta Tähtelä kertoo Laboratoriolääketiede ja näyttely 2008 -julkaisussa putkityyppivertailusta (Li-hepariini, F-oksalaatti, F-sitraatti ja lisääi-neeton), jossa he seisottivat näytteitä sentrifugoimatta huoneenlämmössä 0–72 tuntia. Huoneenlämmössä sentrifugoimatta säilytetyissä näytteissä fluoridin ja sitraatin seos esti glykolyysin ilman viivettä ja glykolyysi estyi lähes täysin jopa 72 tuntia. 8 näytteen keskiarvoglukoosipitoisuus laski kyseisissä olosuhteissa 5,71 mmol/l:sta 5,46 mmol/l:iin. (Tähtelä 2008, 111.)

#### 4 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TARKOITUS

Halusin tehdä tästä aiheesta opinnäytetyön, sillä siinä yhdistyvät näytteiden analysointi, tutkiva vertailu ja näytteenotto. ISLABissa on tällä hetkellä käytössä putki (Terumo VenoSafe), jossa glykolyysin inhibitio estyy heti näytteenoton jälkeen, kun putkessa oleva lisäaine sekoitetaan verinäytteeseen. Näissä putkissa glukoosi säilyy 24 tuntia kokoverenä näytteenoton jälkeen (Väisänen ym. 2002, 48). Viime aikoina markkinoille on tullut eri putkivalmistajilta uusia putkia, joissa niiden spesifikaatioiden mukaan glukoosin pitäisi säilyä 24 (BD Vacutainer) tai 48 tuntia (Vacutest Kima).

Tässä opinnäytetyössä näytteiden analysoinnit suoritetaan eri aikoina näytteenotosta. Näytteitä seisotetaan kunkin valmistajan näytteenottoputkessa kokoverenä ennen sentrifugointia 0, 1, 6 ja 24 tuntia. Lisäksi Vacutest Kima -näytteenottoputkessa 48 tuntia. Otos sisältää 16 eri näytesarjaa. Kiinnostuksen kohteena on kuinka näytteiden eri pituiset säilytysajat kokoverenä vaikuttavat glukoosipitoisuuteen.

Opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa markkinoilla olevien glukoosiputkien toimivuutta ISLABin käyttöön. Tavoitteenani on selvittää soveliaain putki glukoosinäytteenottoon, kun näytteet seisovat kokoverenä eri aikoja ennen analysointia. Tavoitteen perusteella tutkimusongelma muotoutui seuraavanlaiseksi: kuinka kokoverenä huoneenlämmössä seisoessa näytteen glukoosipitoisuus muuttuu ajan funktiona eri säilöntäaineita sisältävissä putkissa?

## 5 TUTKIMUSMENETELMÄ

Tämä opinnäytetyö on kvantitatiivinen, kokeellinen ja vertaileva tutkimus. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa yhtenä perinteisenä tutkimustyyppinä pidetään kokeellista tutkimusta. Kokeellisessa tutkimuksessa mitataan yhden käsiteltävän muuttujan vaikutusta toiseen muuttujaan. Tyypillisiä piirteitä tälle tutkimukselle on, että tietystä populaatiosta valitaan näyte, jota analysoidaan erilaisten koejärjestelyjen valossa. Olosuhteita muunnellaan harkitusti ja systemaattisesti. Muutokset mitataan numeerisesti. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2010, 134, 191.) Tässä opinnäytetyössä muuttujia ovat eri säilöntäaika ja aika.

Tutkimuksen taustalla on aina jokin tarkoitus tai tehtävä. Tutkimusstrategiset valinnat ohjautuvat tarkoituksen perusteella. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2002, 127.) Tutkimuksessani oli tarkoitus vertailla glukoosin säilyvyyttä eri säilöntäaineita sisältävissä putkissa. Vertailevassa tutkimuksessa on yleinen tapa käyttää hypoteeseja. Hypoteesien on oltava perusteltuja. Perustelut löytyvät tavallisimmin teoriasta, teoreettisista malleista tai aiemmista tutkimuksista. (Hirsjärvi ym. 2010, 137, 158.)

Johtopäätökset aiemmista tutkimuksista ovat keskeisiä kvantitatiivisessa tutkimuksessa (Hirsjärvi ym. 2010, 140). Tutkimuksessani käytin suuntaa antavana materiaalina Kuopion yliopistollisen sairaalan kliinisen kemian osaston tekemän tutkimuksen pohjalta julkaistua artikkelia: ”Glukoosin säilyvyys näytteenottoputkissa”. Artikkelin on julkaistu *Kliin. Lab. -lehdessä* 3–4/2002. Kyseisessä tutkimuksessa määritettiin glukoosin säilyvyyttä sekä kokoverenä että plasmana neljän eri valmistajan putkessa.

Muuttujat muodostetaan taulukkomuotoon ja aineisto saatetaan tilastollisesti käsiteltävään muotoon. Päätelmien teko perustuu havaintoaineiston tilastolliseen analysointiin, sisältäen muun muassa tulosten kuvailun prosenttitaulukoiden avulla. (Hirsjärvi ym. 2010, 140.) Tämän tutkimuksen tulokset taulukoitiin Microsoft Excel-tilastointilaskentaohjelmalla.

## 6 TUTKIMUKSEN SUORITUS

Mikkelin aluelaboratorio toimii Mikkelin keskussairaalan yhteydessä, jonka laboratorio-toiminta on siirretty Itä-Suomen laboratoriokeskuksen liikelaitoskuntayhtymälle, IS-LABille 1.1.2008. Mikkelin aluelaboratorio toimii Mikkelin keskussairaalan lisäksi Mikkelin kaupungin terveyskeskuksen (mukaan lukien Ristiina, Hirvensalmi, Puumala, Suomenniemi) laboratoriona sekä Juvan, Kangasniemen, Mäntyharjun ja Pertunmaan kuntien terveyskeskuksen laboratoriona. Mikkelin aluelaboratorio toimipisteineen tarjoaa myös piirin muille terveyskeskuksille laboratoriopalveluja niiden tarpeiden mukaisesti. (Aluelaboratoriokuvaus Mikkelin 2013, 1.)

Näytteiden koostumuksessa voi tapahtua muutoksia säilytyksen ja kuljetuksen aikana johtuen seuraavista ilmiöistä: verisolujen aineenvaihdunta, haihtuminen/sublimoituminen, kemialliset reaktiot, mikrobiologinen hajoaminen, osmoosin aiheuttamat prosessit, valon vaikutus ja kaasujen diffuusio (Siloaho 2000, 185.) Mikkelin keskussairaalassa sijaitsevaan ISLABin Mikkelin aluelaboratorioon tulevat näytteet seisovat eri aikoja kokoverenä ennen sentrifugointia ja analysointia. Glukoosinäytteitä tulee analysoitavaksi kotisairaanhoidajien ottamina sekä kuljetuspalvelulla maakunnista. Nämä näytteet ovat tullessaan sentrifugoimattomia ja seisseet kokoverenä huoneenlämmössä noin 2–8 tuntia. Mikkelin keskussairaalan hajautetun näytteenoton piiriin kuuluvat Ristiina, Kangasniemi, Haukivuori, Puumala, Anttola, Mäntyharju, Pertunmaa, Suomenniemi sekä Juva. ISLABin laboratoriohoitajia käy arkipäivisin aamukierroilla näissä Mikkelin lähikunnissa ja lisäksi Moisio sairaalassa. Osa kierroilla otetuista glukoosiputkista sentrifugoidaan jo näytteenottopaikalla, osa seisoo kokoverenä huoneenlämmössä noin 2–6 tuntia. Näytteet kuljetetaan kuljetuslaatikoissa noin 20 °C:en lämpötilassa.

Laboratoriotutkimuksen tarkoituksena on määrittää halutun analyytin todellinen pitoisuus kehon nesteessä tietyssä hetkenä näyteputkeen otetusta näytteestä. Oletuksena on, että tarkoitusta varten otettu näyte on otettu niin, että se kuvaa kyseistä tilannetta eikä ole muuttunut koostumukseltaan preanalyttisen vaiheen (näytteenotto, kuljetus, säilytys, esikäsittely) aikana. Todellisuudessa näytteessä alkavat muutokset heti ja jatkuvat analysointiin asti. (Siloaho 2000, 185.) Näytteenoton jälkeenkin solut käyttävät veressä

olevaa glukoosia. Jotta mittaustulos vastaisi potilaan veren glukoosipitoisuutta näytteenottohetkellä, täytyy glykolyysi estää säilöntäaineella. (Väisänen ym. 2002, 48.) Eri putkivalmistajien näytteenottoputkissa on käytetty eri säilöntäaineita, joiden toimivuutta glykolyysin inhibitiolla tulen tässä opinnäytetyössä arvioimaan.

## 6.1 Tutkimuksen valmistelu

Lupaa tutkimuksen suorittamiseen hain ISLABin Mikkelin aluelaboratoriojohtajalta, ylilääkäri Päivi Ylikankaalta. Tutkimusluvan sain 24.10.2013. Tutkimuksen käytännön osuuden suoritin 25.10. –2.11.2013.

Kävin 11.10.2013 keskustelemassa ISLABin Mikkelin aluelaboratorion sairaalakemistin Ulla Suistomaan kanssa opinnäytetyön suunnitelmistani. Teimme kirjallisen kaavakkeen laitettavaksi laboratorion ilmoitustaululle vapaaehtoisten näytteenantajien kartoittamista varten. Kaavakkeessa olivat merkittyinä käytännön osuuden ajankohdat, joista vapaaehtoiset saivat valita itselleen sopivan päivän.

Kävin 24.10.2013 tekemässä esivalmisteluja tulevaa käytännön osuutta varten ISLABin Mikkelin aluelaboratorion tiloissa. Tein viivakoodillisia näytetarroja suunnitelmani pohjalta. Tarroitin putkisarjoja jo valmiiksi putkitelineisiin, jotta siihen ei kuluisi aikaa tutkimuspäivinä. Sijoitin näyteputket niin, että kukin sarja alkoi aina 0 h -näytteestä, päättyen 48 h -näytteeseen. Kävin myös sopimassa ensimmäiselle päivälle ilmoittautuneiden vapaaehtoisten kanssa näytteenottoaikoja ja perehdyin näytetietojen syöttämiseen Cobas 6000 c501 -analysaattorille.

Kävin sähköposti-keskusteluja ISLABin Kuopion aluelaboratorion sairaalakemistin Ulla Dunderin ja ISLABin Mikkelin aluelaboratorion sairaalakemistin Ulla Suistomaan kanssa tutkimuksen otosmääristä ja mittausajankohdista. Ulla Dunder ehdotti, että näytteitä otetaan viidestätoista koehenkilöstä 0, 1, 6, 24 ja 48 tunnin sentrifugointiajankohdilla. Kävin myös suullisesti sopimassa tarkemmin näytteenottoon liittyvistä seikoista kuten työskentelytiloista, käytettävistä välineistä ja niiden säilytyksestä ISLABin Mikkelin aluelaboratorion osastonhoitaja Sinikka Mörskyn ja apulaisosastonhoitaja Ritva Asikaisen kanssa. Työssä käytettävät Terumo VenoSafe -putket (erä 1304016, REF VF-

053SFC, erääntymispäivä 2014-09), näytteenottotarvikkeet (neulat, tufferit ja puhdistusaine) ja analyysointilaboratoriossa käytettävät reagenssit olivat ISLABin kustantamat. Vertailtavat putket olivat BD Vacutainer (erä 2335172, REF 368520, erääntymispäivä 2014-03) ja Vacutest Kima (erä R1963, REF 13806, erääntymispäivä 2015-01), jotka tulivat ilmaisina näytteinä putkivalmistajilta. Analysoinnit suoritettiin ISLABin Mikkelin alue-laboratorion kliinisen kemian yksikössä.

## 6.2 Tutkimusaineiston keruu

Opinnäytetyön käytännön osuus aloitettiin esitestaus-päivällä 25.10.2013. Myös tämän päivän aikana saadut tulokset sisällytettiin varsinaiseen tutkimukseen. Vapaaehtoisia oli ilmoittautunut kyseiselle päivälle tarvittavat kolme henkilöä. Vapaaehtoisia koehenkilöitä ei ohjeistettu paastoamaan. Näytteenotot ajoittuivat klo 7–8.10 välille. Kunkin sarjan näytteet otettiin seuraavanlaisessa ottojärjestyksessä alkaen 0 h -näytteestä: Terumo Venosafe, BD Vacutainer, Vacutest Kima, Terumo Venosafe, BD Vacutainer, jne. Viimeisenä otettiin vielä Vacutest Kima -putkeen näyte 48 tunnin seisoituksesta varten. Ajanlasku näytteiden seisoituksesta alkoi kunkin sarjan näytteenotosta. Näytteitä otettiin yhteensä 13 näyteputkea/koehenkilö. Näytteet otettiin 20 G x 1” (0,9 x 25 mm) vakuu-neulalla. Näytteenotossa käytettiin staasia, joka löysähti heti kun ensimmäiseen putkeen alkoi virrata verta. Putken vaihdon yhteydessä putkea käännettiin välittömästi kaksi kertaa, jonka jälkeen koehenkilö aloitti putkien kääntelyn. Koehenkilö käänteli kunkin putkea 10 kertaa rauhallisesti ylösalaisin ennen telineeseen laittoa.

Putket täyttyivät merkkiviivaan nähden järjestelmällisesti eri tavalla. Terumo Venosafe -putki (näytetilavuus 3 ml) täyttyi merkkiviivalle, BD Vacutainer -putki (näytetilavuus 2 ml) jäi vajaaksi ja Vacutest Kima -putki (näytetilavuus 2 ml) täyttyi merkkiviivan yli. Kullekin näytteelle määrätyn tietyn seisoitusaajan kuluttua näyte sentrifugoitui rutiini-näytteidenkin sentrifugointiin käytetyllä Thermo Scientificin SL 40R -sentrifugilla (roottori: 75003607 (+ round bucket 75003608) roottorin säde 18,5 cm, rpm 3400 = 2500 G). Sentrifugointiaika oli 10 minuuttia. Valmistajat ohjeistavat kääntelemään näytteenottoputkia seuraavasti: Terumo Venosafe -putkea vähintään 10 kertaa, BD Vacutainer -putkea 8 kertaa ja Vacutest Kima -putkea 6–8 kertaa (Terumo; BD Vacutainer

2010; Vacutest Kima 2013). ISLABin ohje neuvoo kääntelemään glukoosiputkea 10–15 kertaa (Putkikartta-aikuiset 2012).

Mahdollisimman pian sentrifugoinnin jälkeen näytteet analysoitiin Rochen Cobas 6000 c501 -analysaattorilla, joka on käytössä myös rutiininäytteiden analysoinnissa. Näytepyynnöt syötettiin Cobas-analysaattorille ja putket laitettiin analysaattorin näytetelineeseen. Analysaattorin käyttöön perehdytyksen saanut laboratoriohoitaja laittoi näytteet analysoitaviksi. Näytteiden analysointiaikaa ei pystynyt vakioimaan, sillä analysaattorilla tehdään myös rutiininäytteet, joten analysaattorille syntyi ajoittain ruuhkaa. Analysaattorissa käytettiin tämän tutkimuksen näytteiden analysoinnin aikana vain yhtä heksokinaasireagenssieriä.

Analysoinnin jälkeen analysaattorin päätteeltä otettiin tulokset paperille ja ne merkittiin tutkimuksen tuloksia varten laadittuun taulukkoon. Koska ensimmäisen sarjan 0 h -näytteiden pitoisuuksissa oli suurta hajontaa eri valmistajien putkien kesken sekä Terumo VenoSafe -putken 1 h -näytteen tulos oli korkeampi kuin 0 h -näytteen, otettiin lisäksi kyseisen sarjan koehenkilöstä uudestaan verta 0 h- ja 1 h -näytteitä varten kunkin valmistajan putkiin. Lisäksi alkuperäiset 1.sarjan 0 h- ja 1 h -näytteiden pitoisuudet määritettiin uudestaan samalla Cobas-analysaattorilla. Yksi sarjan putkista kaatui ennen uusinta-analysointia, joten se sentrifugoitiin uudestaan. Myös 10. sarjan 0 h- ja 1 h -näytteet analysoitiin uudestaan, sillä kaikkien valmistajien näyteputkien tuloksissa havaittiin nousua ja vaikutti siltä kuin tulokset olisivat menneet ristiin. Myös 13.sarjan 24 h -näytteet analysoitiin uudestaan. Tämän jälkeen uusinta-ajoja ei enää suoritettu näytteistä.

Eri putkivalmistajien näytteenottoputkien välillä esiintyneiden lähtöarvojen vaihtelujen vuoksi otettiin yhdestä vapaaehtoisesta koehenkilöstä ylimääräiset 0 h -näytteet kunkin valmistajan putkeen. BD Vacutainer -valmistajalta oli tässä kokeessa myös eri erää (3142389) oleva putki, eri erääntymispäivällä (2014-09). Tämä putki täyttyi merkkiviivaan asti. Tämänkin lisäkokeen näyteputket vietiin heti näytteenoton jälkeen sentrifugoitaviksi.

Käytännön osuuden esitestaus-päivän jälkeen näytteenottoputkien sekoitteluun kiinnitettiin erityistä huomiota. Putkia käännettiin enemmän kuin 10 kertaa. Näytteenottoput-



kien sentrifugoinnin jälkeen kaikissa Vacutest Kima -putkissa oli havaittavissa lievää hemolyysiä. Muiden valmistajien putkissa esiintyi hemolyysiä vaihtelevasti.

Yksi sarjoista päätettiin jättää ottamatta, koska näytteenotossa kaikkia putkia ei saatu täytettyä yhdellä pistolla eikä varaputkia ollut lähettyvillä. Tästä sarjasta täyteen saatiin kuitenkin 0 h -näytteiden putket, jotka sentrifugoitiin heti ja analysoitiin mahdollisimman pian. Tuloksia käytettiin kolmantena lisäkokeena lähtötason vertailuun näyteputkien kesken. Tämän sarjan tuloksia ei käytetty tutkimuksen tulosten varsinaiseen vertailuun.

10.- ja 15.sarjan näytteenotoissa jouduttiin kesken sarjan vaihtamaan näytteenottokoh-  
taa. Tästä johtuen 24 h -näytteiksi aiotut putket vaihdettiin varmuuden vuoksi heti näyt-  
teenoton jälkeen sentrifugoitaviksi 0 h -näytteiksi, jotta saatiin minimoitua 0 h -  
näytteiden sentrifugointiviive.

13.sarjan 48 h -näyte pääsi hyytymään. Tämä johtunee siitä, että verentulo alkoi viimei-  
seen putkeen olla jo hidasta. Lisäksi 13.sarjan 6 h -näytteillä sentrifugi kävi sentrifu-  
goinnin aikana +16 °C:ssa. Normaalisti lämpötila on +20 °C. 14.sarjan Vacutest Kima -  
putkessa ollut 48 h -näyte sentrifugoitiin noin 5 minuuttia aikaisemmin, jotta se saatiin  
16.sarjan 0 h -näytteiden kanssa samaan aikaan sentrifugiin.

Osa näytteistä (harmaalla pohjalla liitteessä 1) analysoitiin 30.10.2013 Cobas 1:lla, sillä  
Cobas 2 oli aamusta lähtien huollossa. Sarjat 11., 12., 13. ja 14. saatiin 6 h -näytteistä  
lähtien analysoitua Cobas 2:lla, sillä huolto valmistui näiden analysointiajankohtaan  
mennessä. Päivän DayTroll:ia Cobas 2:lla ei ollut ajettu vielä näytteiden analysointiin  
mennessä, joten käytössä oli 29.10.13 DayTroll:n tulos.

### **6.3 Cobas 6000 c501 -analysaattorin kontrollointi**

ISLABin Mikkelin aluelaboratorion kemian automaateilla on käytössä autoverifiointi  
ISLABin yhteisten toimintaperiaatteiden mukaisesti. Laaduntarkkailunäytteet analysoi-  
daan normaalisarjoissa. Ulkoisen laadunvarmistuksen Pitkäjaksoinen suoritetaan kerran

viikossa kaikilla laitteilla ja Lyhytjaksoinen kerran kuussa. Lisäksi erilliskierrokset suoritetaan sopimuksen mukaan. (Suistomaa 2014.)

ISLABin Mikkelin aluelaboratorion klinisen kemian yksikössä on 2 Rochen Cobas 6000 c501 -analysaattoria. Kummallakin analysaattorilla tehdään määrityksiä päiväai-kaan, mutta Cobas 2 -analysaattori on käytössä päivystysaikana. Kerran vuorokaudessa ajetaan ”rutiinikontrollit” (kaksi tasoa) ennen päivärutiinin aloitusta, eli kontrollimääri-tykset on tehtävä ennen potilasnäytemäärityksiä. Potilasnäytteitä saa määrittää vasta, kun kontrollit ovat tavoiterajoissaan. Kerran viikossa ajetaan potilasnäytevertailut. Kummallakin koneella ajetaan sama potilasnäyte ja tuloksia verrataan keskenään ja ne kirjataan ylös seurantalomakkeeseen. Kaikki reagenssikasetit kontrolloidaan ennen käyttöä. Vakiointien jälkeen analysoidaan kaikki kyseisen menetelmän kontrollit. (Suistomaa 2014.)

Kontrollien tulee olla hyväksymisrajoissa sekä laitteen ja autoverifioinnin (PSM=Process Systems Manager) antamat hälytykset selvitettyinä. Cobas 2 -analysaattorille yövuorolainen ajaa PCCC1- (PeciControlClinChem Multi 1) ja PCCC2 (PeciControlClinChem Multi 2) -kontrollit ja Cobas 1 -analysaattorille kontrollit analysoi päivävuoro. Iltapäivisin ajetaan tarkistuskontrollina DayTroll-kontrolli. DayTroll on suomalainen kontrolli, joka lähetetään kaikille Labqualityn kierroksiin osallistuville laboratorioille. Tarvittaessa kontrolleja analysoidaan lisää. Kontrollien hyväksymisrajat on ohjelmoitu PSM:lle ja Multilabiin käyttäen niin sanottua Westgardin laadunvalvontasääntöjä, jossa 1:3s-sääntö on ehdoton tulosten vastaamisen pysäytysraja. Säännön mukaan kontrollin arvo tulee hylätyksi, kun tulos eroaa tavoitearvosta enemmän kuin 3 x s. Cobas-laitteiden käyttäjät tekevät kontrollien hyväksymispäätökset PSM:lle tulevien kontrollitulosten perusteella. Kontrollituloksen erotessa tavoitearvosta 0s – 2s, PSM:lle tulee vihreä merkintä, jolloin tulokset ovat hyväksyttäviä. Kontrollituloksen erotessa tavoitearvosta 2s – 3s, tulee PSM:lle keltainen varoitus kyseessä olevalle kontrollille. LJ-kuvaajalta tarkistetaan, onko kontrollin tasossa tapahtunut muutos ja konsultoidaan tarvittaessa kemistiä/vastuuhoitajaa. Keltaisella varoituksella olevat tulokset ovat pääsääntöisesti hyväksyttäviä, mutta tulostasoa tulee seurata ja tarvittaessa tehdään vakiointi. Kontrollituloksen erotessa tavoitearvosta enemmän kuin 3 x s, tulee PSM:lle punainen hälytys. Näitä tuloksia ei tule hyväksyä eikä laitteella saa tehdä kyseisiä analyysejä. (Yleisohje sisäisestä laadunvalvonnasta cobas-laitteilla 2013, Suistomaa 2014.)

ISLAB on määrittänyt omat tavoiterajat PCCC1- ja PCCC2-kontrolleille. PCCC1:n (erä 166630) tavoitearvo on 5,63 mmol/l ja 1 s 0,110 mmol/l, PCCC2:n (erä 167260) tavoitearvo on 13,30 mmol/l ja 1 s 0,270 mmol/l. (PreciControl ClinChem Multi 1 2013; PreciControl ClinChem Multi 2 2014; Suistomaa 2014.) PCCC2-kontrolli ajettiin kaksi kertaa vuorokaudessa, mutta tähän työhön otin vain yhden tuloksen per vuorokausi. Labqualityn määrittämä tavoite-arvo DayTrollille (erä DT12) on 5,31 mmol/l (Labquality 2013). 1 s on 0,110 mmol/l. Taulukossa (2) on esitetty tutkimuksen aikaiset kontrolliarvot. 29.10.2014 suoritetuissa Cobas-analysaattoreiden keskinäisessä laitevertailussa glukoosiarvo Cobas 1 -analysaattorilla oli 4,8 mmol/l ja Cobas 2 -analysaattorilla 4,9 mmol/l.

TAULUKKO 2. Kontrollien tulokset ja keskiarvot glukoosipitoisuuksien määrittämispäivinä 25.10.–2.11.2013 (Tulokset Cobas 2 -analysaattorin tuloksia, ellei toisin mainita)

Päivämäärä	PCCC1	PCCC2	DayTroll
25.10.2013	5,73	13,32	5,26
26.10.2013	5,72	13,38	5,17
27.10.2013	5,74	13,59	5,17
28.10.2013	5,75	13,30	5,16
29.10.2013	5,59	13,65	5,23
29.10. klo 12 ->	5,68	13,44	
30.10.2013	5,79	13,48	5,13
30.10. Cobas 1	5,68	13,35	5,26
31.10.2013	5,67	13,31	5,12
1.11.2013	5,72	13,63	5,13
2.11.2013	5,74	13,20	5,15
Keskiarvo	5,71	13,42	5,18

ISLAB noudattaa Labqualityn tavoiteprosentteja (6%) myös sisäisissä kontrolleissa. Cobas-analysaattoreiden laitevertailusta aikavälillä 1.10.–30.10.2013 ilmenee, että PCCC1:n CV% on Cobas 2:lla ollut 1,066 % ja Cobas 1:lla 1,123 %. PCCC2:n CV% on ollut Cobas 2:lla 1,175 % ja Cobas 1:lla 1,166 %. DayTrollin CV% on Cobas 2:lla ollut 0,888 % ja Cobas 1:lla 1,536 %. (Suietomaa, 2014.)

## 7 TULOKSET

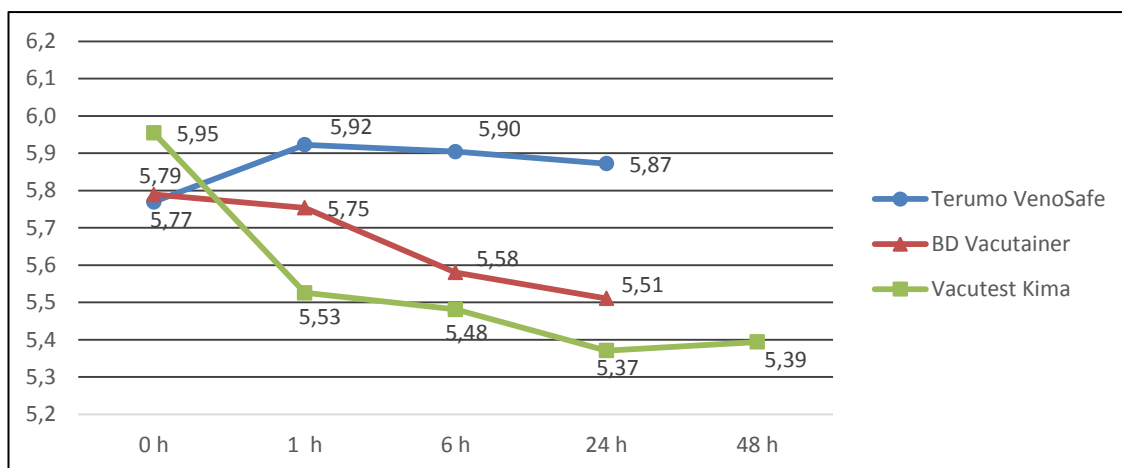
Tutkimuksessa määritettiin glukoosipitoisuuksia 16 eri sarjan verran. Jokaista sarjaa varten otettiin verta kolmen eri valmistajan näytteenottoputkiin. Putkia oli sarjassa yhteensä 13 kappaletta: kultakin valmistajalta oli putkia 0, 1, 6, 24 tunnin säilytysaikaa varten sekä näiden lisäksi Vacutest Kima -putki 48 tunnin säilytysaikaa varten. Näin ollen potilasnäytteistä suoritettiin 207 määritystä, pois lukien ylimääräiset testaukset. Tulokset taulukoitiin näytesarjoittain (Liite 1). Tuloksista seurattiin glukoosipitoisuuden muuttumista ajan funktiona. Sarjojen uusintamääritysten ja lisäkokeiden tulokset löytyvät liitteestä 6.

Terumo VenoSafe -putkissa glukoosipitoisuus muuttui keskiarvoina laskettuna yhdessä tunnissa +3 %, kuudessa tunnissa +2 % ja kahdessakymmenessä neljässä tunnissa +2 % (Liite 3). BD Vacutainer -putkissa glukoosipitoisuus muuttui yhdessä tunnissa keskiarvoina laskettuna -1 %, kuudessa tunnissa -4 % ja kahdessakymmenessä neljässä tunnissa -5 % (Liite 4). Vacutest Kima -putkissa glukoosipitoisuus muuttui keskiarvoina laskettuna yhden tunnin aikana -7 %, kuudessa tunnissa -8 %, kahdessakymmenessä neljässä tunnissa -10 % ja neljässä kymmenessä kahdeksassa tunnissa -11 % (Liite 5). Taulukossa (3) on esitetty laskennassa käytetyt keskiarvot. Keskiarvoista laadittiin viivakaavio (kuva 1, liite 2).

Terumo VenoSafe -putkissa glukoositaso nousi korkeintaan 0,15 mmol/l 24 tunnin aikana. BD Vacutainer -putkissa laskua lähtöarvoon verrattuna oli 24 tunnin aikana keskiarvona laskettuna korkeimmillaan 0,28 mmol/l. Vacutest Kima -putkissa glukoositason laskua oli lähtöarvoon verrattuna 24 tunnin aikana 0,58 mmol/l ja 48 tunnin aikana suurimmillaan 0,56 mmol/l.

TAULUKKO 3. Tulosten keskiarvot, joita käytetty viivakaavion (kuva 1) tekoon

	0 h	1 h	6 h	24 h	48 h
<b>Terumo VenoSafe</b>	5,77	5,92	5,90	5,87	
<b>BD Vacutainer</b>	5,79	5,75	5,58	5,51	
<b>Vacutest Kima</b>	5,95	5,53	5,48	5,37	5,39

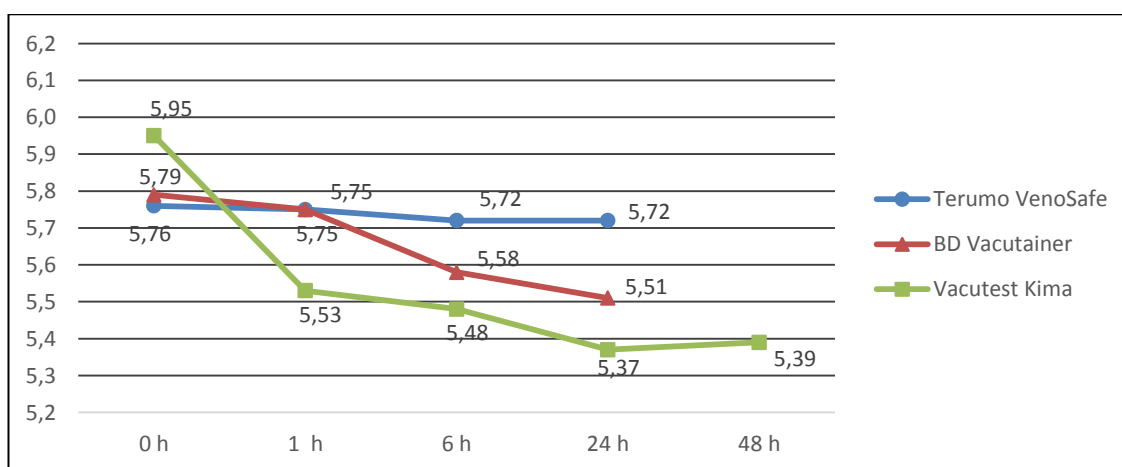


KUVA 1. Plasman glukoosipitoisuuksien muutokset laskettuna pitoisuuksien keskiarvoilla

Terumo VenoSafe -putkien tuloksista laskettiin keskiarvot (taulukko 4) myös ilman 1.- ja 10.sarjan tuloksia. Näillä keskiarvoilla laskettuna on muutos lähtöarvosta Terumo VenoSafe -putkissa tunnissa 0 %, kuudessa tunnissa -1 % ja kahdessakymmenessä neljässä tunnissa -1 % (liite 3). Näillä keskiarvoilla laadittiin myös viivakaavio (kuva 2, liite 2).

TAULUKKO 4. Tulosten keskiarvot, joita käytetty viivakaavion (kuva 2) tekoon (ilman Terumo VenoSafe -putken 1.- ja 10.sarjan tuloksia)

	0 h	1 h	6 h	24 h	48 h
<b>Terumo VenoSafe</b>	5,76	5,75	5,72	5,72	
<b>BD Vacutainer</b>	5,79	5,75	5,58	5,51	
<b>Vacutest Kima</b>	5,95	5,53	5,48	5,37	5,39



KUVA 2. Plasman glukoosipitoisuuksien muutokset laskettuna pitoisuuksien keskiarvoilla, ilman Terumo VenoSafe -putken 1.- ja 10.sarjan tuloksia

## 8 TULKINTA

Kaiken kaikkiaan glukoosipitoisuuden muutos (mmol/l) lähtöarvosta on pientä jokaisen kolmen putkivalmistajan kohdalla. Tuloksista voidaan kuitenkin tehdä johtopäätös, että Terumo VenoSafe -putkessa glukoosipitoisuus muuttuu 24 tunnin aikana lähtöarvoon verrattuna vähiten. Vacutest Kima -näytteenottoputkessa pitoisuudessa tapahtuu muutosta jo ensimmäisen tunnin aikana. BD Vacutainer -näytteenottoputkessakin pitoisuus muuttuu, mutta ei niin jyrkästi kuin Vacutest Kima -putkessa.

Koska Terumo Venosafe -putken 1.- ja 10.sarjan 0 h- ja 1 h -näytteiden pitoisuuksissa tapahtui huomattavaa ja selittämätöntä glukoosipitoisuuden nousua, laskettiin kyseiselle näytteenottoputkelle keskiarvot myös ilman näiden sarjojen tuloksia. Ilman 1.- ja 10.sarjan tuloksia laskettujen keskiarvojen perusteella laadituista viivakaavioista voidaan nähdä, että pitoisuus pysyy lähtöarvoon verrattuna lähes samana 24 tunnin ajan. BD Vacutainer- ja Vacutest Kima -putkissa glykolyysi ei siis tämän tutkimuksen mukaan esty samalla tavalla kuin Terumo VenoSafe -putkissa, vaikka vertailusta poistetaan Terumo VenoSafe -putken keskiarvoa merkittävästi korottavat tulokset.

Natriumfluoridia, sitraatti-puskuria ja  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ :ta sisältävä Terumo VenoSafe -näytteenottoputki säilyttää tässä tutkimuksessa glukoosipitoisuuden lähtöarvoon nähden parhaiten. Glukoosipitoisuus säilyy putkessa lähtöarvoon nähden lähes muuttumattomana, kun näytettä seisoitetaan 24 tuntia kokoverenä huoneenlämmössä. Toiseksi parhaiten glukoosipitoisuuden 24 tunnin ajan säilyttää natriumfluoridia ja  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ :ta sisältävä BD Vacutainer -putki. Kaliumfluoridia ja  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ :ta sisältävässä Vacutest Kima -putkessa pitoisuus säilyy näistä vertailtavista näyteputkista heikoimmin, kun näytettä säilytetään kokoverenä huoneenlämmössä 24 tai 48 tuntia.

## 9 POHDINTA

Opinnäytetyöni aihe oli kiinnostava ja työtä oli mielenkiintoista lähteä suunnittelemaan. Suunnittelin näytteenottoajat niin, että sain itse sentrifugoitua kaikki näytteet. Tämä teki näytteenottoaikojen suunnittelun haastavaksi. Aikataulu oli tiukka (5 päivää) ja kaiken piti mennä suunnitelmien mukaan, jotta oli mahdollista saada tarvittavan määrän näytesarjoja työpäivää (8 tuntia) kohden. ISLABin Kuopion aluelaboratorion sairaalakemisti Ulla Dunderin toiveista näytesarjoja tuli saada vähintään 15.

Näytteenoton kanssa haasteellista oli se, että aamuvuorossa oleva henkilökunta lähti vuoron aluksi osastokierroille, jossa kuluva aikaa ei voinut tietää etukäteen. Näytteenottoajat oli suunniteltava tarkasti ottaen huomioon seuraavienkin päivien näytteenotto- ja sentrifugointiajat. Nämä ajankohdat eivät saaneet mennä liian lähelle, sillä yksin työtä tehdessä en voinut suorittaa samaan aikaan molempia toimenpiteitä. Lisäksi sentrifugoitujen näytteiden analysointi saattoi viivästyä aamukierron vuoksi, sillä Cobas-analysaattorilla ei ollut tällöin työntekijää laittamassa näytteitä ajoon.

Jokaista näyteputkea käännettiin vähintään 10 kertaa ylösalaisin. Putkien kääntelyn määrällä on saattanut olla vaikutusta tutkimuksen tuloksiin. Tutkimuksessani putkivalmistajien putkilleen laatimia sekoitusohjeita ei voitu noudattaa tarkasti. Koska putkia käännettiin vähintään 10 kertaa, käännettiin BD Vacutainer- ja Vacutest Kima -putkia enemmän kuin valmistajan suositus on. Tämä on saattanut hemolysoida kyseisten putkien näytteitä, jolloin tulos on saattanut vääristyä. Vacutest Kima -näyteputkissa esiintyi jatkuvasti hemolyysia. BD Vacutainer -putkissa ei pääsääntöisesti ollut nähtävissä mitään poikkeavaa.

BD Vacutainer -näyteputket (erä 2335172, eräntymispäivä 2014-03) jäivät vajaiksi. Kesken käytännön osuutta sain myös kyseisen valmistajan toista erää (3142389), eri eräntymispäivällä (2014-09) olevat näyteputket kokeiluuni. Tämän erän näyteputki täyttyi merkkiviivaan asti. Tästä huolimatta jatkoin ensin aloittamallani erällä, sillä halusin vakioda eri sarjojen vertailtavuuden keskenään.

Tutkimusta varten suoritettu näytteenotto oli vaativaa. Aikataulujen vuoksi suonen sijaintia ei voinut jäädä varmistelemaan. Myös näyteputkien määrä toi painetta. Muutaman sarjan näytteenotossa jouduin verentulon tyrehtymisen vuoksi pistämään uudelleen, jolloin näytteenotto vei enemmän aikaa. Pyrin kuitenkin saamaan 0 h -näytteiksi mahdollisimman tuoreet näytteet vaihtamalla otettujen putkien järjestystä. Yhden sarjan kohdalla uusinta pistokaan ei onnistunut, joten hylkäsin sarjan.

Sentrifugoinnin jälkeinen näytteen analysointiviive oli vaikea vakiodia. Minä en voinut aluksi laittaa näytteitä analysaattoriin itsenäisesti, sillä en ollut saanut perehdytystä laitteeseen. Käytännön osuuden edetessä, kun olin nähnyt monesti kuinka näyte ajetaan laitteella, sain itsenäisestikin laittaa näytteeni analysoitaviksi. Tämä nopeutti hieman näytteiden analysointiin pääsyä.

1.- ja 10.sarjan Terumo Venosafe -putken ja BD Vacutainer -putken 0 h- ja 1 h -näytteiden välillä tapahtui odottamatonta glukoosipitoisuuden nousua (nousu 0,5–1,6 mmol/l). Myös pitoisuuden erikoisen suuren laskun (lasku 0,7–1,7 mmol/l) jälkeen saattoi pitoisuus seuraavien näytteiden kohdalla nousta takaisin lähelle lähtötasoa (esimerkiksi 13.sarjan BD Vacutainer ja Vacutest Kima -putkissa ja 15.sarjan Vacutest Kima -putkessa). Tätä tapahtunutta tarkastelin ottamalla uusia näytteitä koehenkilöistä testattaviksi. Yhden koehenkilön näytesarjan kohdalla 0 h- ja 1 h -näytteiden välillä tapahtuneen glukoosipitoisuuden nousun vuoksi, otin samasta koehenkilöstä uudet 0 h- ja 1 h -näytteet. Näytteissä tapahtui sama reaktio, kuin alkuperäisissä. Tein myös eri koehenkilöstä samanlaisen testauksen, josta saaduissa tuloksissa ei nousua tapahtunut. Nousu ei siis todennäköisesti johtunut virheestä näytteenotossa, käsittelyssä tai analysoinnissa, vaan mahdollisesti koehenkilön veren ominaisuudesta. Koska useimmat antikoagulantit eivät mene solujen sisään, muutos hematokriitissa vaikuttaa antikoagulantin ja plasman suhteeseen. Antikoagulantti saattaa laimentaa korkean hematokriitin omaavan potilaan plasmaa, kun taas aneemisilla yksilöillä antikoagulantin teho saattaa olla riittämätön. (Kaplan & Pesce 2010, 329.) Koehenkilön punasolujen rakenne on siis saattanut vaikuttaa glykolyysin inhiboitumiseen reagoidessaan eri tavoin eri antikoagulanttien kanssa. Uusintamääritysten antamat tulokset saattoivat poiketa alkuperäisistä mittaustuloksista. Näytteiden plasma seiso i punasolumassan päällä eri aikoja ennen uusinta-analysointia. Näytteissä on saattanut tapahtua konsentroitu mista, haihtumista tai glukoosin hajoamista, jotka selittäisivät tämän tulosten muuttumisen. Cobas-analysaattorin toistettavuus



lokakuussa 2013 on glukoosin määrittämisessä ollut sallitun 6 %:n sisällä. Uusintamittauksien tuloksia en ottanut mukaan tutkimuksen muutosprosenttien laskemiseen. Prosessissa mahdollisesti tapahtuneiden virheiden paljastamiseksi tutkimuksen jokaisesta näytteestä olisi voitu määrittää kaksi rinnakkaista analyysiä, mutta aikataulun ollessa tiukka ja analysointoreiden ajoittain ruuhkautuessa rutiininäytteiden vuoksi tästä piti tinkiä. Kaikki saman sarjan näytteet olisi voinut olla hyvä analysoida samalla analysointireillä, mutta tätä en osannut huomioda suunnitelmaa tehdessäni. Cobas 2 -analysointireiden huollon ajaksi jouduin laittamaan näytteitä analysoitaviksi myös Cobas 1 -analysointireille.

Terumo VenoSafe- ja BD Vacutainer -putkissa lisäaine on jauhe-muodossa, Vacutest Kima -putkissa suihkeena putken seinämällä. Terumo VenoSafe -putkissa jauhe on karkeampaa kuin BD Vacutainer -putkissa. Matikaisen, ym. (2010, 69) mukaan jauhe jää usein korkkiin ja siirtyy siten helposti neulan mukana seuraavaan putkeen. Tämän vuoksi sen käyttöä on vähennetty. Sumute taas estää veren hyytymistä jo ennen putken sekoittamista, joten sen käyttö on parantanut näytteiden laatua. Näytteenotto-putkien järjestys oli tutkimuksen jokaisessa sarjassa samanlainen. Mahdollista virhettä tämän tutkimuksen tuloksiin on voinut aiheuttaa lisäaineen siirtyminen näytteenoton yhteydessä näytteenotto-putkesta eri valmistajan eri lisäainetta sisältävään putkeen. Tämän riskin voisi välttää ottamalla näytteet peräkkäin saman valmistajan putkiin ja eri valmistajien putket eri pistoilla. Lisäksi putkien ali- ja/tai ylitäyttyminen on saattanut vaikuttaa glykolyysin inhibitioon epätarkoituksenmukaisesti. Tuore putki täyttyy yli ja mitä lähemmäksi putken eräntymispäivä tulee, sitä vähemmän putkeen tulee näytettä, koska putken vakuumi vähenee putken ikääntyessä.

Mittaustulosten toistettavuus eli tutkimuksen reliabelius tarkoittaa tutkimuksen kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia (Hirsjärvi ym. 2010, 231). Tässä opinnäytetyössä käytettiin samoja laitteita ja näytteenottotapoja kuin työelämässä rutiinistikin käytetään glukoosinäytteiden kanssa. Näytteiden käsittely pyrittiin pitämään kaikissa sarjoissa samanlaisena. Jos jotakin näytettä käsiteltiin erilailla, kerrotaan siitä tässä työssä. Tämän tutkimuksen kaikkia näytteitä ei ottanut sama henkilö, mutta tutkimuksen suorittaja oli mukana jokaisessa näytteenotossa. Rutiininäytteenotossakin glukoosinäytteitä otetaan eri henkilöiden toimesta. Näytteiden kääntelyyn on ohjeistus, mutta kääntelyn toteutus on aina riippuvainen näytteenottajasta. Tässä tutkimuksessa putkia käännettiin eri ihmisten toimesta vähintään 10 kertaa ylösalaisin. Rutiinityöskentelyssä näytteenotto-

putket seisovat kokoverenä eri aikoja ennen sentrifugointia sekä sentrifugoidut näytteet seisovat eri aikoja odottamassa analysointia. Tämän tutkimuksen näytteet seisoivat tietty niille määritetyt ajat ennen sentrifugointia. Välitöntä sentrifugointia ei jokaisen sarjan 0 h -näytteiden kohdalla pystynyt vakioimaan, sillä sentrifugit joita näytteiden sentrifugointiin käytettiin, olivat välillä kummatkin samaan aikaan käytössä. Tästä syystä näytteiden sentrifugointiin tuli korkeintaan 10 minuutin viivytys. 3.sarjan 0 h -näytteet odottivat sentrifugointia noin 10 minuuttia. Näytteiden analysointiviiveeseen ei pystynyt tässä tutkimuksessa vaikuttamaan. Menetelmä, jolla Cobas 6000 c501 -analysaattori mittaa glukoosipitoisuuden näytteestä sekä näytteiden sentrifugointiohjelma olivat koko tutkimuksen ajan samat. Kaikki näytteet olivat analysaattorissa sentrifugoinnin jälkeen alle 30 minuutin sisään, poikkeuksena 1. ja 2. sarjan 24 h -näytteet, joissa 1.sarjan näyte oli analysaattorissa noin tunnin päästä ja 2.sarjan näyte noin 45 minuutin päästä.

Tutkimukseen liittyvä käsite validius tarkoittaa tutkimusmenetelmän kykyä mitata juuri sitä, mitä on tarkoituskkin mitata (Hirsjärvi ym. 2010, 231). Näytteiden analysointiin tarkoitetun Cobas 6000 c501 -analysaattorin mittaustason mahdollista vaihtelua seurataan päivittäin käytettävillä kontrolleilla. Kontrolleille on laadittu tarkat raja-arvot. Raja-arvojen ylittyessä/alittuessa määritykset pysäytetään, kunnes analysaattorin mittaustaso saadaan asianmukaiseksi. 29.10.2013 puolen päivän aikaan vaihtuivat PCCC1 ja PCCC2-kontrollien kasetit. Aamuisen PCCC1-kontrollin tulos oli 5,59 mmol/l ja puolen päivän jälkeen tulos oli 5,68 mmol/l. Aamuisen PCCC2-kontrollin tulos oli 13,65 mmol/l ja puolen päivän jälkeen tulos oli 13,44 mmol/l. Sarjojen 6 h -näytteiden ajoja ajoittui iltapäivälle. Kontrollin eikä kasetin erien vaihtumista tapahtunut tämän tutkimuksen aikana. Kalibroinnitkin pysyivät samana.

Verinäytteet tutkimusta varten otettiin laboratorion henkilökunnasta. Otokoko oli 16 sarjaa. Vapaaehtoisten määrää selvitettiin ennakkoon laboratoriotilojen ilmoitustaululle laitettulla listalla. Tutkimukseen verta luovuttaneiden henkilöiden tietoja ei säilytetty kirjattuina kuin vain kyseisen testipäivän ajan, jolloin oli mahdollista tehdä uusinta testauksia tarvittaessa saman henkilön uudella verinäytteellä. Muutoin näyttemateriaalit kulkivat koko tutkimusprosessin ajan kooditettuina.

Tutkimuksessani olen tyytyväinen aikataulusuunnitelmiini, sillä sain tarvittavan näyttemäärän lisäksi otettua ja analysoitua vielä yhden ylimääräisen näytesarjan. Sentrifugoinnitkin onnistuivat ajallaan. Näytteenottoputkiin suunnittelemani kooditukset olivat asianmukaiset ja toimivat.

Tutkimuksen pienen otosmäärän johdosta, yksittäinenkin poikkeava tulos voi vääristää tulosta. Tutkimuksessani tuli joidenkin näytesarjojen kohdalla pitoisuuden nousuja tai laskuja, jotka vaikuttivat pienen otoskoon vuoksi laskettuihin muutosprosentteihin. Tutkimustulokseni olivat kuitenkin samankaltaiset kuin Väisäsen ym. (2002), Gambinon ym. (2009) ja Tähtelän (2008) aikaisemmin tekemissä tutkimuksissa. Näytteen pH:n laskeminen sitraatti-puskurilla inhiboi glykolyysin nopeimmin ja tehokkaimmin. Tutkimukseni näyteputkista parhaiten glukoosipitoisuuden säilyttänyt Terumo VenoSafe -putki oli ainoa joka sisälsi pH:ta laskevaa sitraattia.

Jatkotutkimuksena ehdottaisin tekemään samankaltaisen tutkimuksen, jossa olisi enemmän patologisen matalia ja korkeita tuloksia, isompi otoskoko sekä pidempi tutkimusaika. Lisäksi tutkimuksessa tulisi varmistaa kullekin näyteputkelle putkikohtaisten ohjeiden toteutuminen.

Lopuksi haluan kiittää kaikkia opinnäytetyössäni minua auttaneita henkilöitä, erityisesti ISLABin Mikkelin aluelaboratorion henkilökuntaa, apunne oli korvaamatonta.

## LÄHTEET

Aluelaboratoriokuvaus Mikkeli. 19.9.2013. Työohje. ISLAB.

BD Vacutainer. 2010. BD Vacutainer® Venous Blood Collection Tube Guide. USA: BD Diagnostics.

Bishop, M L., Fody, E P. & Schoeff, L. 2005. Clinical Chemistry. Principles, procedures, correlations. 5.painos. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Bruns, D E. & Knowler W C. 2009. Stabilization of Glucose in Blood samples: Why It Matters. Clinical Chemistry 55:5.

Diabetes. 2013. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Sisätautilääkäreiden yhdistyksen ja Diabetesliiton Lääkärineuvoston asettama työryhmä Julkaistu 12.9.2013. Luettu 7.8.2014. [www.kaypahoito.fi](http://www.kaypahoito.fi)

Gambino, R., Piscitelli, J., Ackattupathil, TA., Theriault, JL., Andrin, RD., Sanfilippo, ML. & Etienne, M. Acidification of blood is superior to sodium fluoride alone as an inhibitor of glycolysis. Clin Chem 2009; 55:1019–21.

Guder, W.G., Narayanan, S., Wisser, H. & Zawta, B. 2003. Samples: From the Patient to the Laboratory. 3.uudistettu painos. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2002. Tutki ja kirjoita. 6. –8.painos. Vantaa: Tummavuoren kirjapaino Oy.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2010. Tutki ja kirjoita. 15. –16. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Ilanne-Parikka, P., Rönnemaa, T., Saha, M-T. ja Sane, T. (toim.) 2011. Diabetes. 7.uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Jackson Behan, K., Dumas, M. & Johnston, M. 2013. Sedimentation by Gravity Stabilizes Plasma Glucose for Up to 60 Minutes. Clinical Laboratory Science. Vol 26. 3/2013.

Kaplan, L A & Pesce, A J. (toim.) 2010. Clinical Chemistry: Theory, Analysis, Correlation. 5.painos. Missouri: Mosby Elsewier.

Laboratoriokokeisiin valmistautuminen. 2014. Potilaalle. ISLAB. Päivitetty 6.2.2014. Luettu 8.8.2014. [www.islab.fi](http://www.islab.fi)

Labquality. Pitkäjaksoinen kylmäkuivattu humaaniseerumi. 25.3.2013. DayTroll DT12 Tavoitearvot 2013. Luettu 4.8.2014. [www.labquality.org](http://www.labquality.org)

Leppäluoto, J., Kettunen, R., Rintamäki, H., Vakkuri, O., Vierimaa, H. & Lätti, S. 2013. Anatomia ja Fysiologia. Rakenteesta toimintaan. 3.uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Matikainen, A-M., Miettinen, M. ja Wasström, K. 2010. Näytteenottajan käsikirja. Helsinki: Edita prima Oy.

McCall, R E. & Tankersley, C M. 2003. Phlebotomy Essentials. 3.painos. Baltimore: Lippincott William & Wilkins.

McPherson, R A. & Pincus, M R. (toim.) 2007. Henry's Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods. 21.painos. Philadelphia: Saunders Elsevier.

Männistö, T., Melasniemi, A. ja Huotari, V. 7.5.2012. Potilaan valmistautuminen laboratoriotutkimuksiin. NordLab. Luettu 8.8.2014. [www.oyslab.fi](http://www.oyslab.fi)

Nikiforow, M. 6.2.2012. Palvelutuotanto, työohje. Huslab. Preanalytiikka. Verinäytteenotto. Luettu 4.8.2014. [www.huslab.fi](http://www.huslab.fi)

Peake, M J., Bruns, D E., Sacks, D B. & Horvath, A R. 2013. It's Time for a Better Blood Collection Tube to Improve the Reliability of Glucose Results. Diabetes Care, vol 36, Jan 2013. Tulostettu 30.2.2014. [www.care.diabetesjournals.org](http://www.care.diabetesjournals.org)

Pendergraph, G E. ja Pendergraph Barfield, C. 1998. Handbook of phlebotomy and patient service techniques. 4.painos. Baltimore: Williams & Wilkins.

PreciControl ClinChem Multi 1. 2013. Roche/Hitachi cobas c 501/311 analyzers. Value sheet. 12/2013.

PreciControl ClinChem Multi 2. 2014. Roche/Hitachi cobas c 501/311 analyzers. Value sheet. 01/2014.

Putkikartta-aikuiset. 6/2012. Vakuuminäytteenotto. ISLAB. Päivitetty 14.11.2012.

Ruutu, T., Rajamäki, A., Lassila, R. ja Porkka, K. (toim.) 2007. Veritaudit. 3.uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Sacks, D B., Arnold, M., Bakris, G L., Bruns, D E., Horvath, A R., Kirkman, M S., Lernmark, A., Metzger, B E. & Nathan, D M. 2011. Guidelines and Recommendations for Laboratory Analysis in the Diagnosis and Management of Diabetes Mellitus. Diabetes Care, vol 34, june 2011. Tulostettu 15.3.2014. [www.care.diabetesjournals.org](http://www.care.diabetesjournals.org)

Sand, O., Sjaastad, Ø V., Haug, E. & Bjålie, J G. 2013. 8. –10.painos. Ihminen. Fysiologia ja anatomia. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Siloaho, M. 2000. Miten saada näyte säilymään analysointiin saakka? Moodi 6/2000 vsk 24.

Suistomaa Ulla. Sairaalakemisti. Henkilökohtainen tiedonanto 9.5.2014. Mikkeli.

Suomen Diabetesliitto ry. 2009a. Tyypin 1 diabetes – opas nuoruustyypin diabeetikolle. 5.tarkistettu painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Suomen Diabetesliitto ry. 2009b. Tyypin 2 diabetes – opas aikuistyypin diabeetikolle. 5.tarkistettu painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Tarnanen, K., Groop, L., Laine, M., Puurunen, M. ja Isomaa, B. 2013. Diabetes. Käyvän hoidon potilasversiot. Suomalainen lääkäriseura Duodecim. Julkaistu 3.10.2013. Luettu 7.8.2014. [www.kaypahoito.fi](http://www.kaypahoito.fi)

Terumo. Luettu 20.10.2013. [www.mediq.fi](http://www.mediq.fi)

Turgeon, M L. 2007. Linné & Ringsrud's Clinical Laboratory Science. The Basics and Routinen Techniques. 5.painos. Missouri: Mosby Elsevier.

Tähtelä, R. 2008. Glukoosin säilyminen. Laboratoriolääketiede ja näyttely 2008-julkaisu.

Vacutest Kima. 2013. Glycolysis inhibitors tubes. Luettu 20.2.2014. [www.vacutestkima.it](http://www.vacutestkima.it)

Vauhkonen, I. & Holmström, P. 2012. Sisätaudit. 4.uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro.

Väisänen, S., Eskelinen, S. & Halonen, T. 2002. Glukoosin säilyvyys näytteenottoputkessa. Kliin.Lab 3–4/2002.

Yleisohje sisäisestä laadunvalvonnasta cobas-laitteilla, 29.11.2013. Työohje. ISLAB.

## LIITTEET

Liite 1. Tulokset sarjoittain taulukoituina

Sarja/näytteenottoputki	0 h	1 h	6 h	24 h	48 h
1.SARJA (Terumo VenoSafe)	5,05	6,64	6,87	6,47	
(BD Vacutainer)	6,14	6,64	6,45	6,30	
(Vacutest Kima)	7,72	6,38	6,16	6,18	5,63

2.SARJA	5,05	5,09	4,94	4,93	
	4,92	4,97	4,61	4,50	
	4,99	4,65	4,43	4,33	4,32

3.SARJA	5,15	5,63	5,82	5,69	
	5,49	5,50	5,39	5,32	
	5,13	5,27	5,38	5,18	5,17

4.SARJA	7,93	7,61	7,66	7,58	
	7,79	7,56	7,40	7,26	
	7,65	7,27	7,35	7,17	7,03

5.SARJA	4,98	4,85	4,85	4,98	
	4,80	4,59	4,33	4,39	
	4,73	4,41	4,27	4,26	4,29

6.SARJA	5,14	5,08	4,97	4,97	
	5,05	4,91	4,64	4,64	
	5,06	4,70	4,48	4,40	4,48

7.SARJA	7,11	7,22	7,14	7,15	
	7,17	7,14	6,61	6,95	
	7,16	6,87	6,80	6,80	6,68

8.SARJA	5,35	5,75	5,85	5,92	
	5,18	5,51	5,81	5,52	
	5,63	5,55	5,46	5,50	5,54

9.SARJA	8,70	8,74	8,86	8,84	
	8,56	8,73	8,67	8,28	
	8,75	8,22	8,35	8,10	8,06

10.SARJA	6,66	7,68	7,50	7,39	
	6,79	7,57	7,02	7,20	
	7,14	7,35	6,82	6,96	6,94

11.SARJA	4,68	4,47	4,30	4,25	
	4,42	4,35	3,97	3,86	
	4,41	4,02	3,81	3,79	3,92

12.SARJA	5,81	5,92	5,86	5,76	
	5,98	5,70	5,37	5,31	
	5,79	5,59	5,28	5,21	5,08

13.SARJA	4,66	4,60	4,14	4,96	
	4,55	3,73	4,36	4,72	
	4,52	3,80	4,49	4,59	HYTYI

14.SARJA	5,66	5,84	5,74	5,69	
	5,71	5,67	5,00	5,36	
	5,68	5,57	5,17	5,11	5,23

15.SARJA	5,04	4,32	4,67	4,22	
	4,71	4,39	4,80	3,74	
	5,53	3,84	4,65	3,72	4,00

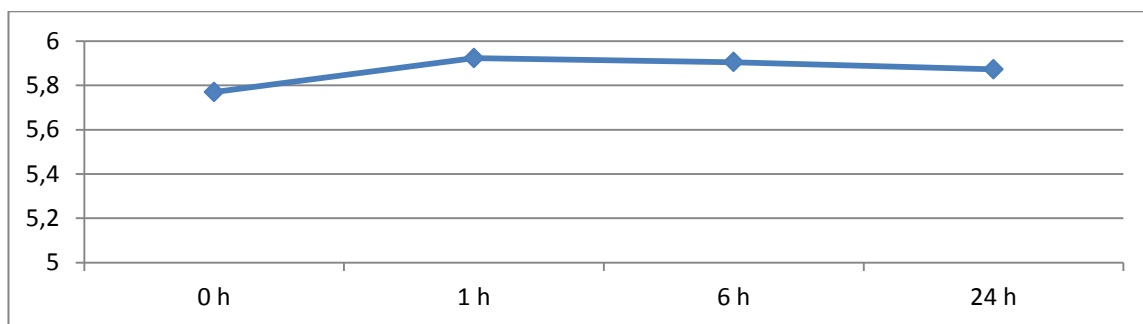
16.SARJA	5,34	5,32	5,30	5,15	
	5,37	5,10	4,85	4,82	
	5,38	4,92	4,80	4,63	4,54

Valkoinen tausta analysoitu Cobas 2:lla

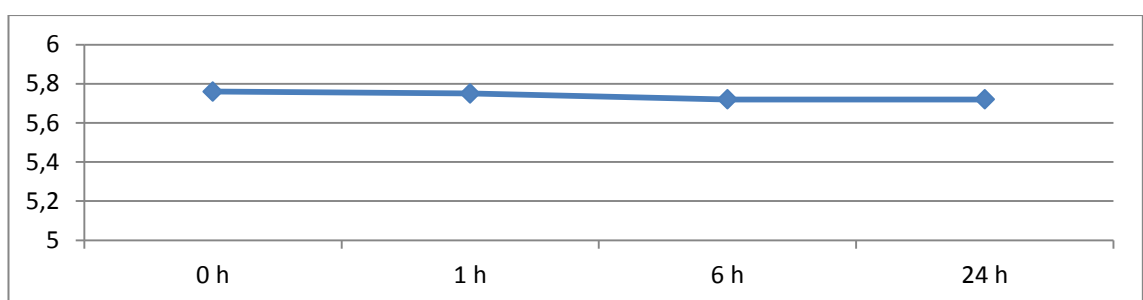
Harmaa tausta analysoitu Cobas 1:lla (30.10.2013)



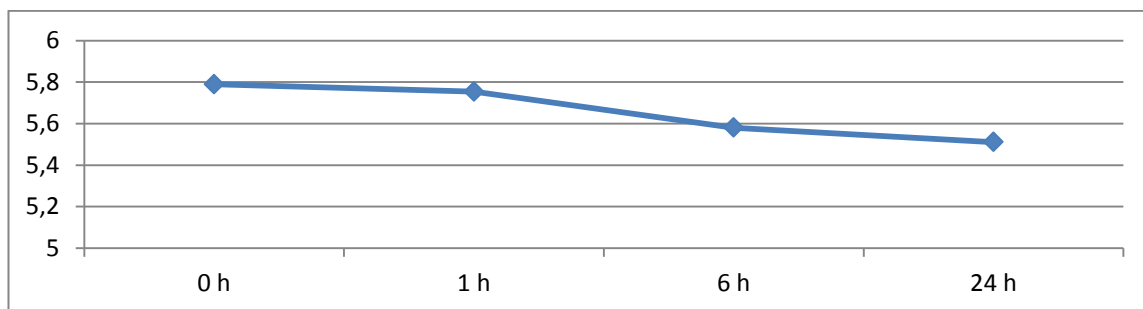
Liite 2. Pitoisuuden muutokset ajan funktiona/putkivalmistaja



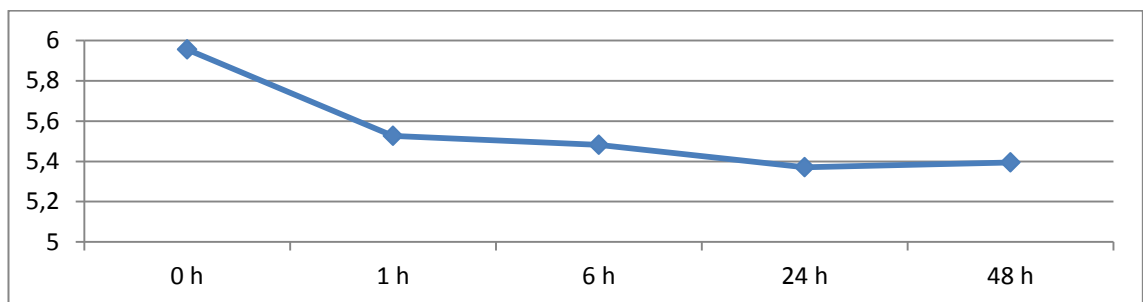
KUVA. Terumo VenoSafe -näytteenottoputken pitoisuuden muutokset laskettuina tulosten keskiarvoilla



KUVA. Terumo VenoSafe -näytteenottoputken pitoisuuden muutokset laskettuina tulosten keskiarvoilla, ilman 1. ja 10. sarjan tuloksia



KUVA. BD Vacutainer -näytteenottoputken pitoisuuden muutokset laskettuina tulosten keskiarvoilla



KUVA. Vacutest Kima -näytteenottoputken pitoisuuden muutokset laskettuina tulosten keskiarvoilla

## Liite 3. Muutosprosentit: Terumo VenoSafe

TAULUKKO. Terumo VenoSafe -näytteenottoputkista määritetyt glukoosipitoisuudet sekä niiden muutosprosentit eri aikoina lähtöarvosta, tulokset mmol/l

Näytesarja	Lähtöarvo	1 h	Muutos%	6 h	Muutos%	24 h	Muutos%
1	5,05	6,64	31 %	6,87	36 %	6,47	28 %
2	5,05	5,09	1 %	4,94	-2 %	4,93	-2 %
3	5,15	5,63	9 %	5,82	13 %	5,69	10 %
4	7,93	7,61	-4 %	7,66	-3 %	7,58	-4 %
5	4,98	4,85	-3 %	4,85	-3 %	4,98	0 %
6	5,14	5,08	-1 %	4,97	-3 %	4,97	-3 %
7	7,11	7,22	2 %	7,14	0 %	7,15	1 %
8	5,35	5,75	7 %	5,85	9 %	5,92	11 %
9	8,70	8,74	0 %	8,86	2 %	8,84	2 %
10	6,66	7,68	15 %	7,50	13 %	7,39	11 %
11	4,68	4,47	-4 %	4,30	-8 %	4,25	-9 %
12	5,81	5,92	2 %	5,86	1 %	5,76	-1 %
13	4,66	4,60	-1 %	4,14	-11 %	4,96	6 %
14	5,66	5,84	3 %	5,74	1 %	5,69	1 %
15	5,04	4,32	-14 %	4,67	-7 %	4,22	-16 %
16	5,34	5,32	0 %	5,30	-1 %	5,15	-4 %
Keskiarvo	5,77	5,92	3 %	5,9	2 %	5,87	2 %

TAULUKKO. Terumo VenoSafe: glukoosipitoisuudet sekä niiden muutosprosentit eri aikoina lähtöarvosta, ilman 1.- ja 10.sarjan tuloksia, tulokset mmol/l

Näytesarja	Lähtöarvo	1 h	Muutos%	6 h	Muutos%	24 h	Muutos%
1	EI LASKETA						
2	5,05	5,09	1 %	4,94	-2 %	4,93	-2 %
3	5,15	5,63	9 %	5,82	13 %	5,69	10 %
4	7,93	7,61	-4 %	7,66	-3 %	7,58	-4 %
5	4,98	4,85	-3 %	4,85	-3 %	4,98	0 %
6	5,14	5,08	-1 %	4,97	-3 %	4,97	-3 %
7	7,11	7,22	2 %	7,14	0 %	7,15	1 %
8	5,35	5,75	7 %	5,85	9 %	5,92	11 %
9	8,70	8,74	0 %	8,86	2 %	8,84	2 %
10	EI LASKETA						
11	4,68	4,47	-4 %	4,30	-8 %	4,25	-9 %
12	5,81	5,92	2 %	5,86	1 %	5,76	-1 %
13	4,66	4,60	-1 %	4,14	-11 %	4,96	6 %
14	5,66	5,84	3 %	5,74	1 %	5,69	1 %
15	5,04	4,32	-14 %	4,67	-7 %	4,22	-16 %
16	5,34	5,32	0 %	5,30	-1 %	5,15	-4 %
Keskiarvo	5,76	5,75	0 %	5,72	-1 %	5,72	-1 %

## Liite 4. Muutosprosentit: BD Vacutainer

TAULUKKO. BD Vacutainer -näytteenottoputkista määritetyt glukoosipitoisuudet sekä niiden muutosprosentit eri aikoina lähtöarvosta, tulokset mmol/l

Näytesarja	Lähtöarvo	1 h	Muutos%	6h	Muutos%	24 h	Muutos%
1	6,14	6,64	8 %	6,45	5 %	6,30	3 %
2	4,92	4,97	1 %	4,61	-6 %	4,50	-9 %
3	5,49	5,50	0 %	5,39	-2 %	5,32	-3 %
4	7,79	7,56	-3 %	7,40	-5 %	7,26	-7 %
5	4,80	4,59	-4 %	4,33	-10 %	4,39	-9 %
6	5,05	4,91	-3 %	4,64	-8 %	4,64	-8 %
7	7,17	7,14	0 %	6,61	-8 %	6,95	-3 %
8	5,18	5,51	6 %	5,81	12 %	5,52	7 %
9	8,56	8,73	2 %	8,67	1 %	8,28	-3 %
10	6,79	7,57	11 %	7,02	3 %	7,20	6 %
11	4,42	4,35	-2 %	3,97	-10 %	3,86	-13 %
12	5,98	5,70	-5 %	5,37	-10 %	5,31	-11 %
13	4,55	3,73	-18 %	4,36	-4 %	4,72	4 %
14	5,71	5,67	-1 %	5,00	-12 %	5,36	-6 %
15	4,71	4,39	-7 %	4,80	2 %	3,74	-21 %
16	5,37	5,10	-5 %	4,85	-10 %	4,82	-10 %
Keskiarvo	5,79	5,75	-1 %	5,58	-4 %	5,51	-5 %

## Liite 5. Muutosprosentit: Vacutest Kima

TAULUKKO. Vacutest Kima -näytteenottoputkista määritetyt glukoosipitoisuudet sekä niiden muutosprosentit eri aikoina lähtöarvosta, tulokset mmol/l

Näytesarja	Lähtöarvo	1 h	Muutos%	6 h	Muutos%	24 h	Muutos%	48 h	Muutos%
1	7,72	6,38	-17 %	6,16	-20 %	6,18	-20 %	5,63	-27 %
2	4,99	4,65	-7 %	4,43	-11 %	4,33	-13 %	4,32	-13 %
3	5,13	5,27	3 %	5,38	5 %	5,18	1 %	5,17	1 %
4	7,65	7,27	-5 %	7,35	-4 %	7,17	-6 %	7,03	-8 %
5	4,73	4,41	-7 %	4,27	-10 %	4,26	-10 %	4,29	-9 %
6	5,06	4,70	-7 %	4,48	-11 %	4,40	-13 %	4,48	-11 %
7	7,16	6,87	-4 %	6,80	-5 %	6,80	-5 %	6,68	-7 %
8	5,63	5,55	-1 %	5,46	-3 %	5,50	-2 %	5,54	-2 %
9	8,75	8,22	-6 %	8,35	-5 %	8,10	-7 %	8,06	-8 %
10	7,14	7,35	3 %	6,82	-4 %	6,96	-3 %	6,94	-3 %
11	4,41	4,02	-9 %	3,81	-14 %	3,79	-14 %	3,92	-11 %
12	5,79	5,59	-3 %	5,28	-9 %	5,21	-10 %	5,08	-12 %
13	4,52	3,80	-16 %	4,49	-1 %	4,59	2 %	HYTYI	
14	5,68	5,57	-2 %	5,17	-9 %	5,11	-10 %	5,23	-8 %
15	5,53	3,84	-31 %	4,65	-16 %	3,72	-33 %	4,00	-28 %
16	5,38	4,92	-9 %	4,80	-11 %	4,63	-14 %	4,54	-16 %
keskiarvo	5,95	5,53	-7 %	5,48	-8 %	5,37	-10 %	5,39	-11 %

## Liite 6. Ylimääräisten testien tulokset taulukoituina

TAULUKKO. 1. sarjan 0 h- ja 1 h- tulos määritetty kahteen kertaan, tulokset mmol/l

	0 h	Uusinta tulos, 0 h	1 h	Uusintatulos, 1 h
<b>Terumo VenoSafe</b>	5,05	5,09	6,64	6,61
<b>BD Vacutainer</b>	6,14	6,37	6,64	6,76
<b>Vacutest Kima</b>	7,72	6,46	6,38	6,43

TAULUKKO. 1.sarjan koehenkilöstä otettujen ylimääräisten 0 h- ja 1 h -näytteiden tulokset, tulokset mmol/l

	0 h	1 h
<b>Terumo VenoSafe</b>	5,44	5,86
<b>BD Vacutainer</b>	5,85	5,80
<b>Vacutest Kima</b>	7,95	5,42

TAULUKKO. 10.sarjan 0 h- ja 1 h- tulos määritetty kahteen kertaan, tulokset mmol/l

	0 h	Uusinta tulos, 0 h	1 h	Uusintatulos, 1 h
<b>Terumo VenoSafe</b>	6,66	6,68	7,68	7,61
<b>BD Vacutainer</b>	6,79	6,78	7,57	7,61
<b>Vacutest Kima</b>	7,14	7,36	7,35	7,15

TAULUKKO. 13.sarjan 24 h -tulos määritetty kahteen kertaan, tulokset mmol/l

	24 h	Uusinta tulos, 24 h
<b>Terumo VenoSafe</b>	4,96	4,97
<b>BD Vacutainer</b>	4,72	4,67
<b>Vacutest Kima</b>	4,59	4,6

TAULUKKO. Lähtöarvojen vertailu 1: 1.sarjan koehenkilö, tulokset mmol/l

	Terumo VenoSafe	BD Vacutainer	Vacutest Kima
<b>Lähtöarvo 1</b>	5,05	6,14	7,72
<b>Lähtöarvo 2</b>	5,44	5,85	7,95

TAULUKKO. Lähtöarvojen vertailu 2, tulokset mmol/l

	Terumo VenoSafe	BD Vacutainer	BD Vacutainer, eri LOT	Vacutest Kima
<b>Lähtöarvo</b>	7,14	6,91	6,99	6,96

TAULUKKO. Lähtöarvojen vertailu 3, tulokset mmol/l

	Terumo VenoSafe	BD Vacutainer	Vacutest Kima
<b>Lähtöarvo</b>	5,31	5,10	5,21